COPASA MG
Saneamento e Meio Ambiente
BH
CONTRA A
DENGUE

Manifesto do Chefe Seattle

Em 1855, o Presidente Ulysses Grant, dos Estados Unidos da América do Norte, propôs ao chefe índio Seattle a compra das terras comunais de sua nação.

É a resposta do velho chefe ao Grande Chefe de Washington que remetemos à reflexão.

"Como podeis comprar ou vender o céu, a tepidez do chão? A idéia não tem sentido para nós. Se não possuímos o frescor do ar ou o brilho da água, como podeis querer comprá-los ?"

Qualquer parte desta terra é sagrada para o meu povo. Qualquer folha de pinheiro, qualquer praia, a neblina dos bosques sombrios, o brilhante e zumbidor inseto, tudo é sagrado na memória e na experiência de meu povo. A seiva que percorre o interior das árvores leva em si as memórias do homem vermelho.

Os mortos do homem branco esquecem a terra de seu nascimento, quando vão pervagar entre as estrelas. Nossos mortos jamais esquecem esta terra maravilhosa, pois ela é a mãe do homem vermelho. Somos parte da terra e ela é parte de nós. As flores perfumosas são nossas irmãs; os gamos, os cavalos, a majestosa águia, todos nossos irmãos. Os picos rochosos, a fragrância dos bosques, a energia vital do pônei e o homem, tudo pertence a uma só família.

Assim, quando o Grande Chefe em Washington manda dizer que deseja comprar nossas terras, ele está pedindo muito de nós. O Grande Chefe manda dizer que nos reservará um sítio onde possamos viver confortavelmente por nós mesmos. Ele será nosso pai a nós seremos seus filhos. Se é assim, vamos considerar a sua proposta sobre a compra de nossa terra. Mas tal compra não será fácil, já que esta terra é sagrada para nós.

A límpida água que percorre os regatos e rios não é apenas água, mas o sangue de nossos ancestrais. Se vos vendermos a terra, tereis de lembrar a vossos filhos que ela é sagrada, e que qualquer reflexo espectral sobre a superfície dos lagos evoca eventos a fases da vida de meu povo. O marulhar das águas é a voz dos nossos ancestrais.

Os rios são nossos irmãos, eles nos saciam a sede. Levam as nossas canoas e alimentam nossas crianças. Se vendermos nossa terra a vós, deveis vos lembrar e ensinar a vossas crianças que os rios são nossos irmãos, vossos irmãos também, e deveis a partir de então dispensar aos rios a mesma espécie de afeição que dispensais a um irmão.

Nós sabemos que o homem branco não entende nosso modo de ser. Para ele um pedaço de terra não se distingue de outro qualquer, pois é um estranho que vem de noite e rouba da terra tudo de que precisa. A terra não é sua irmã, mas sua inimiga; depois que a submete a si, que a conquista, ele vai embora, à procura de outro lugar Deixa atrás de si a sepultura de seus pais e não se importa. A cova de seus pais é a herança de seus filhos, ele os esquece. Trata a sua mãe, a terra, e a seu irmão, o céu, como coisas a serem compradas ou roubadas, como se fossem peles de carneiro ou brilhantes contas sem valor. Seu apetite vai exaurir a terra, deixando atrás de si só desertos.

Isso eu não compreendo. Nosso modo de ser é completamente diferente do vosso. A visão de vossas cidades faz doer aos olhos do homem vermelho. Talvez

seja porque o homem vermelho é um selvagem a como tal nada possa compreender.

Nas cidades do homem branco não há um só lugar onde haja silêncio, paz. Um só lugar onde ouvir o farfalhar das folhas na primavera, o zunir das asas de um inseto. Talvez seja porque sou um selvagem e não possa compreender.

O barulho serve apenas para insultar os ouvidos. E que vida é essa onde o homem não pode ouvir o pio solitário da coruja ou o coaxar das rãs à margem dos charcos à noite? O índio prefere o suave sussurrar do vento esfrolando a superfície das águas do lago, ou a fragrância da brisa, purificada pela chuva do meio-dia ou aromatizada pelo perfume das pinhas.

O ar é precioso para o homem vermelho, pois dele todos se alimentam. Os animais, as árvores, o homem, todos respiram o mesmo ar. O homem branco parece não se importar com o ar que respira. Como um cadáver em decomposição, ele é insensível ao mau cheiro. Mas se vos vendermos nossa terra, deveis vos lembrar que o ar é precioso para nós, que o ar insufla seu espírito em todas as coisas que dele vivem. O ar que nossos avós inspiraram ao primeiro vagido foi o mesmo que lhes recebeu o último suspiro.

Se vendermos nossa terra a vós, deveis conservá-la à parte, como sagrada, como um lugar onde mesmo um homem branco possa it sorver a brisa aromatizada pelas flores dos bosques. Assim consideraremos vossa proposta de comprar nossa terra. Se nos decidirmos a aceitá-la, farei uma condição: o homem branco terá que tratar os animais desta terra como se fossem seus irmãos.

Sou selvagem a não compreendo outro modo. Tenho visto milhares de búfalos a apodrecerem nas pradarias, deixados pelo homem branco que neles atira de um trem em movimento. Sou um selvagem a não compreendo como o fumegante cavalo de ferro possa ser mais importante que o búfalo, que nós caçamos apenas para nos mantermos vivos.

Que será do homem sem os animais? Se todos os animais desaparecessem, o homem morreria de solidão espiritual. Porque tudo isso pode, cada vez mais, afetar os homens. Tudo está encaminhado.

Deveis ensinar a vossos filhos que o chão onde pisam simboliza as cinzas de nossos ancestrais. Para que eles respeitem a terra, ensinai a eles que ela é rica pela vida dos seres de todas as espécies. Ensinai a eles o que ensinamos aos nossos: que a terra é a nossa mãe. Quando o homem cospe sobre a terra, está cuspindo sobre si mesmo.

De uma coisa temos certeza: a terra não pertence ao homem branco; o homem branco é que pertence à terra. Disso temos certeza. Todas as coisas estão relacionadas como o sangue que une uma família. Tudo está associado. O que fere a terra, fere também os filhos da terra. O homem não tece a teia da vida: é antes um de seus fios. O que quer que faça a essa teia, faz a si próprio.

Mesmo o homem branco, a quem Deus acompanha, e com quem conversa como amigo, não pode fugir a esse destino comum. Talvez, apesar de tudo, sejamos todos irmãos. Nós o veremos. De uma coisa sabemos - e que talvez o homem branco venha a descobrir um dia: nosso Deus é o mesmo Deus.

Podeis pensar hoje que somente vós o possuís, como desejais possuir a terra, mas não podeis, Ele é o Deus do homem a sua compaixão é igual tanto para o homem branco, quanto para o homem vermelho. Esta terra é querida d'Ele, e ofender a terra é insultar o seu Criador. Os brancos também passarão; talvez mais cedo do que todas as outras tribos. Contaminai a vossa cama, e vos sufocarei numa noite no meio de vossos próprios excrementos. Mas no vosso parecer, brilhareis alto, iluminados pela força do Deus que vos trouxe a esta terra a por algum favor especial vos outorgou domínio sobre ela a sobre o homem vermelho.

Este destino é um mistério para nós, pois não compreendemos como será no dia em que o último búfalo for dizimado, os cavalos selvagens domesticados, os secretos recantos das florestas invadidos pelo odor do suor de muitos homens e a visão das brilhantes colinas bloqueada por fios falantes. Onde está o matagal? Desapareceu. Onde está a águia? Desapareceu. O fim do viver e o início do sobreviver”.

Sumário

Índice de Quadros e Figuras

1 – Considerações Iniciais

O aumento das concentrações urbanas acarretou uma gama de imensas alterações no meio em que vivemos. Observa-se que as conseqüências dessa concentração se tornam visíveis quando vemos a geração dos mais variados tipos de agressões ao nosso meio ambiente. Segundo o Dicionário Aurélio, define-se ambiente como:

"O conjunto de condições naturais e de influências que atuam sobre os organismos vivos e os seres humanos".

Logo, os seres humanos como parte desse ambiente são responsáveis por sua manutenção, visto que são considerados os organismos vivos mais desenvolvidos na face da terra.

Com o homem e sua atividade industrial, apareceu a poluição ambiental. O descobrimento do fogo e a conseqüente poluição do ar, assim como a salinização e o esgotamento de terras agrícolas foram às causas dos primeiros impactos negativos do homem sobre o ambiente.

Segundo LORA (2000), durante o Império Romano, com a construção da "Cloaca Máxima", que era o sistema de evacuação de esgotos de Roma, o homem começou a tentar minimizar o efeito negativo da civilização sobre o ambiente.

Através dos tempos, o descaso com o ambiente caracterizou-se desde epidemias de pestes a freqüentes episódios de poluição em Londres com milhares de mortes. Entretanto, só em meados deste século, a carga de poluentes ultrapassou a capacidade natural de "recuperação" da natureza, e, a partir daí, começaram a se agravar os problemas ambientais, passando de locais a regionais, até atingirem proporções globais.

O *Anopheles darlingi* (*no alto*) e Gomes: ameaça crescente para as cidades próximas à hidrelétrica

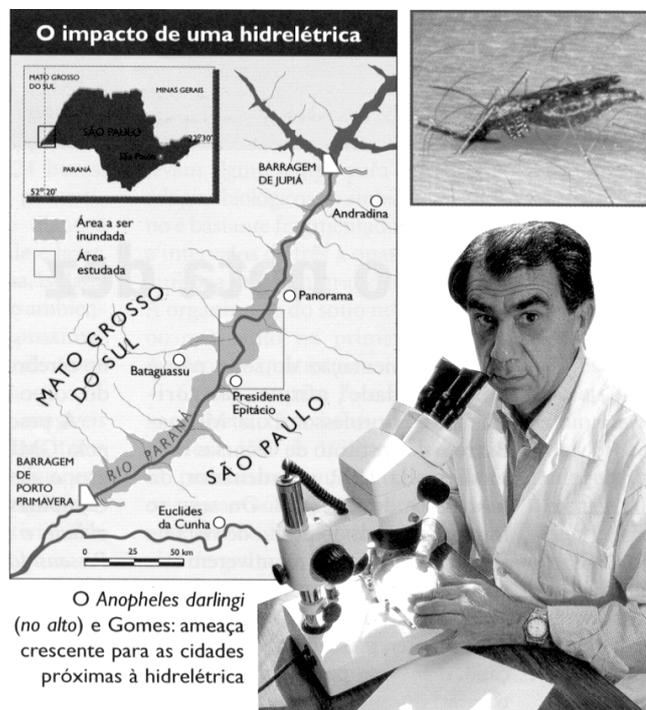



Figura 1 – O Impacto de uma Hidrelétrica – Fonte: Revista FAPESP n^{o} 54 (06/2000)

A Lei n^{o} 6.938, de 31/07/81 (Política Nacional de Meio Ambiente), define a poluição como:

"A degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população, criem condições adversas às atividades sócio-econômicas, afetem desfavoravelmente a biota, afetem condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente e lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos".

Observam-se como tipos de poluição:

- ✓ poluição física;
- ✓ poluição química;
- ✓ poluição físico-química;
- ✓ poluição bioquímica;
- ✓ poluição radioativa.

Não se discute a importância das aplicações da ciência e da tecnologia visando à melhora do nível de vida das comunidades, principalmente no primeiro mundo, que tem se caracterizado, segundo LORA (2000), por:

- ✓ acréscimo da quantidade e qualidade da produção de alimentos;
- ✓ desenvolvimento dos meios de transporte e comunicação;
- ✓ desenvolvimento da construção de moradias;
- ✓ mecanização e automação dos processos produtivos (aumento da produtividade e redução do tempo de trabalho);
- ✓ desenvolvimento de sistemas para o fornecimento de água potável e para o tratamento de efluentes líquidos;
- ✓ eliminação de muitas doenças contagiosas e desenvolvimento de tratamentos efetivos para outras.

Ao mesmo tempo, esse mesmo desenvolvimento tem provocado efeitos negativos sobre o ambiente:

- ✓ mudanças climáticas;
- ✓ perda de terras cultiváveis (desertificação);
- ✓ desmatamento;
- ✓ poluição de rios, lagos e mares;
- ✓ poluição do solo e das águas subterrâneas;
- ✓ poluição do ar nas cidades.

Desta forma, apresenta-se premente conciliar o desenvolvimento e as comodidades da vida moderna, com a conservação do ambiente.

Como principais causas da crise ambiental atual pode-se citar, segundo LORA (2000):

- **O aumento exponencial da população mundial:** estima-se atualmente que a população mundial aproxima-se de $5{,}93 \times 10^9$ habitantes, com um incremento de um bilhão de pessoas por cada 12 anos. Diante dessa realidade, as necessidades de água, alimentos, transporte e outros recursos fazem-se enormes e, por conseguinte, o impacto sobre o ambiente. Entretanto, observando-se o fenômeno populacional, prevê-se atingir uma estabilidade populacional de aproximadamente 10×10^9 habitantes. Cabe ressaltar que existe

diferenças significativas entre o consumo per capita dos recursos (energia, alimentos e materiais de diversos tipos) nos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Segundo PARIKH e PAINULY (1994) citado em LORA (2000), um habitante de um país desenvolvido consome, em média, 10 vezes mais energia, 13 vezes mais aço, 3 vezes mais cimento, 14 vezes mais papel e 8 vezes mais carne que a média de um habitante dos países em desenvolvimento;

- **O aumento exponencial no consumo de energia:** observa-se, segundo LORA (2000), que o consumo atual de energia no mundo é de 8×10^9 toneladas equivalentes de petróleo. As reservas disponíveis de petróleo, gás natural e carvão mineral são suficientes para manter o consumo atual em 43,1, 64,9 e 236 anos, respectivamente (GLADE, 1995). O consumo de energia nos próximos 200 anos se fará fundamentado no uso do carvão mineral, o mais poluente dos combustíveis existentes, gerando um esforço no desenvolvimento de sistemas de tecnologias limpas. O custo da eletricidade obtida a partir da energia eólica e da biomassa (utilizando ciclos combinados com turbinas a gás) será, entre os próximos 10 a 15 anos, compatível com o da eletricidade obtida a partir de combustíveis fósseis;
- **Intensificação do processo de industrialização:** O processo de industrialização acarreta no aumento do uso de diferentes recursos naturais, incluindo a energia. Ao mesmo tempo, a indústria, como conseqüência direta de seus processos produtivos gera consideráveis emissões de poluentes e quantidade de resíduos sólidos e líquidos. GRAEDEL E ALLENBY (1995) indicam três processos alentadores que caracterizam a tecnologia moderna: a desmaterialização (diminuição do consumo específico de materiais); substituição de alguns materiais por outros com melhores características ambientais; e a descarbonização (diminuição da intensidade energética dos processos produtivos);
- **O processo de urbanização:** o processo de urbanização se mostra com maior intensidade nos países em desenvolvimento, caso do Brasil. Através de políticas de crescimento a qualquer custo, principalmente nas décadas de 60 e 70 (milagre brasileiro), e sem qualquer planejamento, a urbanização acabou criando fortes impactos ambientais advindos de uma ocupação desordenada, instalação de indústrias sem preocupação com o ambiente, necessidades de tratamento de água, efluentes líquidos e resíduos, além do desmatamento de áreas de grande importância aos ecossistemas.

Nos países em desenvolvimento, a escalada de degradação ambiental foi mais crítica. Os processos de urbanização intensa, como os vistos nas cidades de São Paulo, Rio de Janeiro, entre outras, tem feito com que os problemas ambientais se tornem cada vez mais graves e descontrolados. A escassez de recursos para investimentos, uma legislação ambiental fraca, inexistente ou não cumprida e a pouca atuação dos órgãos de controle ambiental agravam ainda mais esta situação.

Por outro lado, faz-se verdadeiro o dito de que "a pobreza é a pior forma de poluição", visto que as comunidades que vivem esta realidade pouco podem fazer para mudá-la sem o devido investimento em saúde, educação, trabalho, moradia, entre outros, por parte do poder público, o que certamente se contrapõe aos esforços para o desenvolvimento de programas de controle ambiental.

Quadro 1 – Características e composição média dos resíduos sólidos em países de acordo com seu estágio de desenvolvimento – Fonte: DESA (1996)

Características		*Países de baixa renda (1)*	*Países de renda média (2)*	*Países Industrializados*
Produção “per capita” (kg/hab.dia)		*0,4 – 0,6*	*0,5 – 0,9*	0,7 – 1,8
Densidade (peso seco, kg/m^3)		*250 – 500*	*170 – 330*	100 – 170
Umidade (% em peso, no ponto de geração)		*40 – 80*	*40 – 60*	20 – 30
Composição (%)	**Papel**	*1 – 10*	*15 – 40*	15 – 40
	Vidros, cerâmicas	*1 – 10*	*1 – 10*	4 – 10
	Metais	*1 – 5*	*1 – 5*	3 – 13
	Plásticos	*1 – 5*	*2 – 6*	2 – 10
	Couro, borracha	*1 – 5*	-	-
	Madeira, osso	*1 – 5*	-	-
	Panos e trapos	*1 – 5*	*2 – 10*	2 – 10
	Vegetais putrescíveis	40 – 85	20 – 65	20 – 50
	Inertes	1 – 40	1 – 30	1 – 20
	Particulados	5 – 35	-	10 – 85

(1) Países com renda “per capita” abaixo de U$ 360 (1978)
(2) Países com renda “per capita” entre U$ 360 e U$ 3.500 (1978)

Analisando-se o incremento da demanda doméstica e industrial por diferentes produtos e, por conseguinte, por mais matérias primas, e levando-se em conta que as mesmas tem diminuído sua disponibilidade, vê-se claramente a necessidade de mudança do paradigma consumo x demanda para uma realidade onde não se consuma indefinidamente sem levar em conta os grandes impactos nos ambientes em todo o mundo.

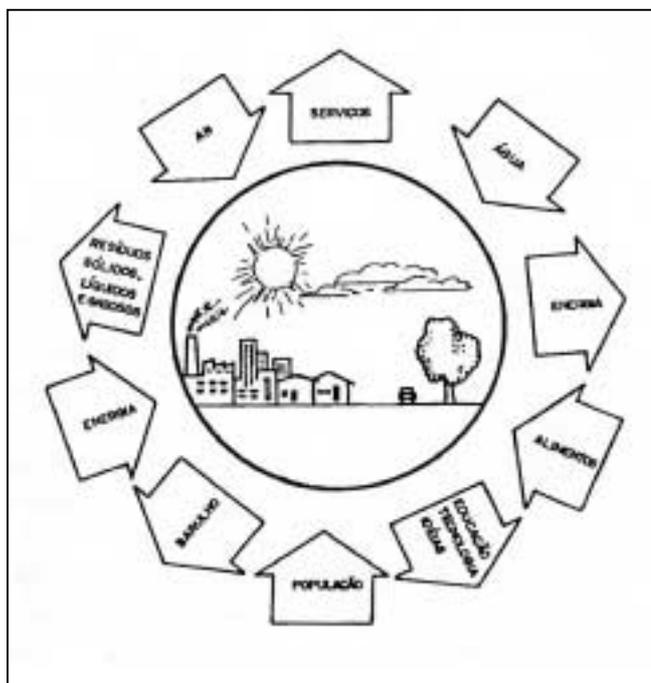



Figura 2 – Ecossistema urbano – recursos e produtos – Fonte: MOTA (1999).

2 – Situação do saneamento no mundo

Segundo dados da OMS/UNICEF (2000), estima-se que a população, no período de 1990 a 2000, tenha aumentado em 15% (de 5,23 bilhões de habitantes

para 6,06 bilhões de habitantes). Dentro desta cifra total, estima-se que a população urbana aumentou 25% e a rural 8%.

Segundo estimativas para o ano 2000, mais 620 milhões de pessoas conseguirão acesso a um abastecimento de água adequado, 435 milhões a instalações de saneamento adequadas, o que garantirá o atual percentual de atendimento.

Com um aumento de 789 milhões de pessoas no período de 1990 a 2000, o setor de saneamento conseguiu oferecer abastecimento de água a mais 816 milhões de pessoas (224.000 pessoas por dia durante 10 anos) e saneamento a mais 747 milhões de pessoas (205.000 pessoas ao dia).

Mesmo com todo este esforço e com todos os resultados alcançados para prover a demanda, estima-se que existam 1,1 bilhão de pessoas sem acesso ao abastecimento de água e 2,4 bilhões de pessoas sem acesso a instalações de saneamento adequadas.

Em 2000, segundo dados da OMS/UNICEF (2000), 47% da população mundial vivem em cidades contra 43,5% em 1990. Prevê-se que o maior crescimento demográfico nas cidades terá lugar na África, Ásia, América latina e Caribe.

Quadro 2 – População Mundial por Regiões (em milhões) – Fonte: OMS/UNICEF (2000)

	África	Ásia	América Latina e Caribe	Oceania	Europa	América do Norte	Mundial
1990	615	3.180	441	26	722	282	5.226
2000	784	3.683	519	30	729	310	6.055
Incremento(%)	27,5	15,8	17,7	15,4	1,0	9,9	15,0

Nas Figuras 2 e 3, apresentadas a seguir, mostra-se a distribuição da população mundial sem abastecimento de água e sem saneamento adequado por regiões.

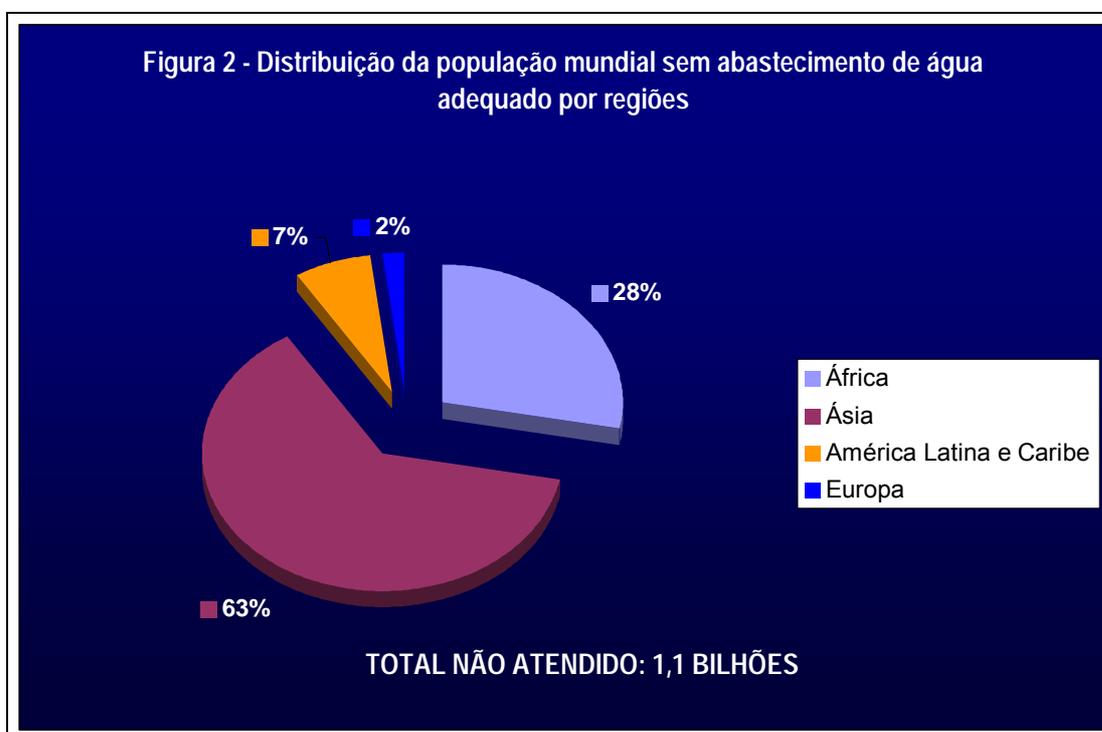



Figura 3 – Distribuição da população mundial sem abastecimento de água adequado por regiões – Fonte: OMS/UNICEF (2000)

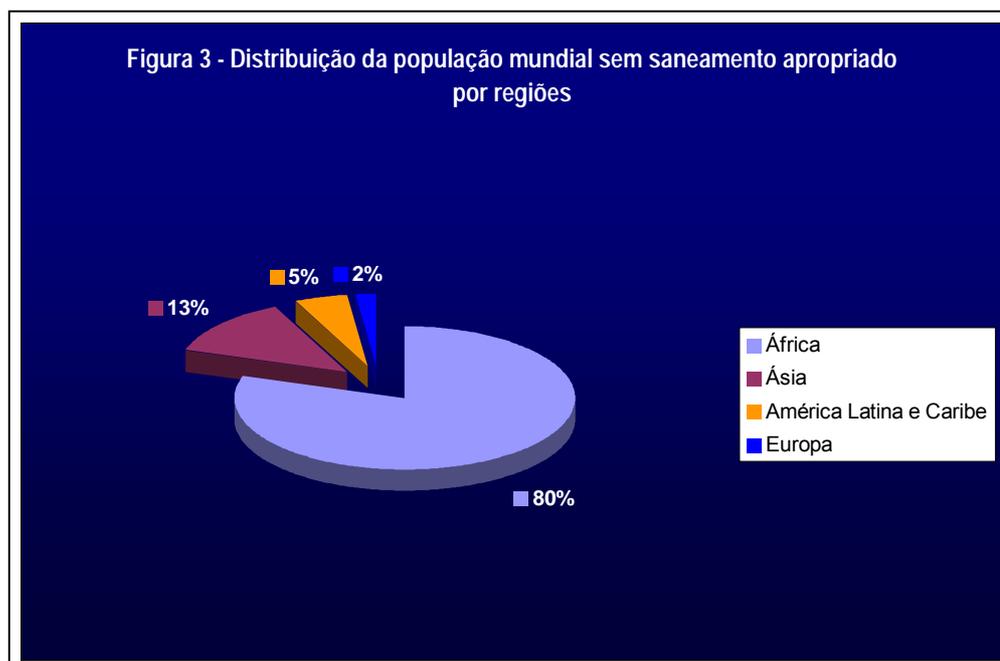



Figura 4 – Distribuição da população mundial sem saneamento apropriado por regiões
Fonte: OMS/UNICEF (2000)

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada pelo IBGE em 2000, o Brasil apresenta a seguinte realidade:

- ✓ 5.507 municípios no Brasil foram pesquisados;
- ✓ O serviço de abastecimento de água alcançou 97,9% dos municípios e 63,9% dos domicílios;
- ✓ A água distribuída sem tratamento aumentou 7,2% de 1989 a 2000;
- ✓ 75% do volume de água tratada distribuída sofrem processo convencional de tratamento;
- ✓ A fluoretação é utilizada na água para reduzir a cárie dental em 45,7% dos municípios;
- ✓ 47,8% dos municípios brasileiros não têm coleta de esgoto, sendo a região Norte a mais afetada: 92,9% não contam com este serviço;
- ✓ 66,5% dos domicílios não são atendidos por rede geral de esgoto: o serviço chega a apenas 2,4% dos domicílios na região Norte;
- ✓ Dos 14,5 milhões de metros cúbicos de esgoto coletado, apenas 5,1 milhões recebem tratamento;
- ✓ 451 prefeituras têm coleta seletiva de lixo;
- ✓ 63,6% dos resíduos nas cidades são jogados em lixões e alagados;
- ✓ 2.569 municípios vazam lixo hospitalar no mesmo aterro sanitário dos resíduos urbanos;
- ✓ 24.340 catadores atuam nos lixões, sendo que 7.264 moram nesses locais;
- ✓ 21,4% dos municípios não possuem sistema de drenagem das chuvas; o serviço falta a 11,9% das cidades na região Sudeste.

3 – Desenvolvimento e Meio Ambiente no Brasil

Antes de discorrer acerca da Política Nacional do Meio Ambiente, faz-se necessária uma explanação sobre o processo de industrialização e urbanização

brasileiro, o qual influencia sobremaneira a adoção de políticas ambientais no Brasil. Senão vejamos:

- Brasil – Anos 30 a 50: Industrialização Restringida

As dificuldades externas vindas da Primeira Guerra Mundial, juntamente com os conflitos sociais existentes no Brasil, fizeram, nesse período, o Governo Brasileiro buscar no crescimento e na centralização estatal, a saída para manter as suas bases de poder local. A polarização da economia brasileira era crescente e a palavra de ordem era o desenvolvimento calcado na industrialização. Isso se mostrava viável apenas num regime político autoritário. Nesse regime, o Estado assumiu uma nova função que se caracterizava pela promoção da industrialização através da criação e transferências de recursos e fundos para gastos e investimentos. Dessa maneira, consegue-se resolver as dificuldades externas geradas na guerra e a complexidade das demandas internas.

Assim, o novo processo de acumulação através da industrialização cria uma função de mediador ativo ao Estado, imposta pelo seu poder sobre o valor do dinheiro e normas, fazendo-o assumir o comando do crescimento e da industrialização através de um aparato econômico estatal e de uma estrutura estatal cheia de conflitos e interesses. Devido aos conflitos e interesses internos estatais, cai o autoritarismo e chega a democracia com a responsabilidade de transformar o processo de disputa pelo poder e pelos benefícios num processo político aberto e competitivo.

Em síntese, a transformação do processo produtivo se faz, a partir dos anos 30, através do crescimento da atividade industrial, alterando assim, a composição da produção nacional. Esse crescimento, entretanto, se mostra polarizado e restrito a algumas áreas, não buscando uma homogeneidade econômica e política de acumulação capitalista, calcado num padrão ainda retrógrado, ou seja, o mercantil. Isso acontece, segundo FIORI (1995) citado em CANÇADO (1999), devido a limites tecnológicos e financeiros, mas, sobretudo, à positiva intervenção estatal.

- Brasil – Anos 50 a 70: Industrialização Pesada

O crescimento industrial, nesse período, já era um fato, e a classe industrial se fazia cúmplice do Estado, pois a ordem estabelecida a favorecia. Surge o movimento sindical criado pela ditadura e mantido pela democracia. Manifestações de rua e greves surgiram como novas formas de luta da classe operária, de onde surge e cresce o "populismo"[1]. Emerge, então, a figura de Vargas atualizando os planos de industrialização. A partir daí, a centralização política não conseguia fazer frente a centralização econômica essencial para um processo de industrialização pesada. Após o fim da Segunda Guerra Mundial, houve a bipolarização do mundo com a guerra fria, o que gerou um alinhamento ideológico-militar com os Estados Unidos, que foi encarado como condição "seni qua non" de uma industrialização pesada, agora vista como fator preponderante de segurança nacional.

Diante desse quadro, os investimentos feitos pelas grandes corporações norte-americanas no Brasil, sobretudo depois de 1956, resolveram parcialmente o problema de mobilização de capitais. Segundo FIORI (1995)citado em CANÇADO (1999), com esses investimentos, a estrutura do sistema produtivo se

[1] Populismo é uma forma de construção e manipulação das massas, através de lealdades a lideranças unipessoais e carismáticas.

alterou radicalmente, verificando-se um profundo salto tecnológico, e a capacidade produtiva se ampliou muito à frente da demanda pré-existente, o que delineou o processo de industrialização pesada, pois implicou num crescimento acelerado da capacidade produtiva do setor de bens de produção e de bens duráveis, antes da expansão de seus mercados.

Vale ressaltar que a viabilidade desses investimentos se deu devido ao Estado investir pesado em infra-estrutura e nas indústrias de base gerando economias baratas e garantindo a demanda.

A industrialização pesada seguiu o modelo capitalista moderno com alta monopolização e baixa geração de empregos industriais, e segundo uma hiperconcentração de renda. Isso gerou uma urbanização descontrolada, calcada na falta de planejamento das cidades, gerando assim, uma população de excluídos e marginalizados, o que contribuiu para um sistema social elitizado e excludente.

Segundo FIORI (1995) citado em CANÇADO (1999), as elites ameaçadas por pressões que vinham de baixo e atingiam seus pressupostos políticos mais caros e dilacerada por uma inflação que se transmutara de solução dos seus conflitos para causa de todos os males, busca nas forças armadas o seu novo e único arbítrio, tendendo ao autoritarismo.

- Brasil – Anos 70: A Crise do Modelo Desenvolvimentista

Segundo FIORI (1995) citado em CANÇADO (1999), terminada a primeira etapa da industrialização pesada, entre 1956 e 1962, e transposta a crise econômica (1962-1967), a economia brasileira entrou num período de taxas de crescimento do produto e da renda. O crescimento observado se deve à reforma tributária, financeira e administrativa, realizada pós-golpe de 1964, que deflagou as bases da modernização capitalista brasileira. Com o cenário favorável nos primeiros anos da década de 70, devido ao crescimento sincronizado de suas principais economias, permitiram o avanço da industrialização brasileira pela expansão de subsistemas de filiais das empresas multinacionais de um segmento específico: bens duráveis, bem como a modernização ainda conservadora da agricultura brasileira, e ainda o aumento da participação brasileira no mercado internacional.

Atrelado a uma política de desenvolvimento por endividamento externo crescente a juros reduzidos através dos eurodólares e depois pelos petrodólares, o Brasil financiava sua balança de pagamentos e mecanismos internos de crédito a longo prazo. Com o crescimento advindo dessa política, os segmentos de bens de consumo duráveis e o da construção civil tiveram um assustador desenvolvimento, dado ao processo de urbanização acelerado. Com uma renda média e alta mantida nos salários, advinda de maiores opções salariais e da contenção dos salários básicos, se mantinha, temporariamente, a demanda por esses bens.

Vem, então, a crise atrelada à incapacidade da indústria de bens duráveis em atender a dinâmica oferta-demanda. Além disso, vem a primeira crise do petróleo em 1973, o que fez o mercado econômico internacional se contrair e deixar a situação crítica. Não observando o cenário internacional, o Brasil cria o II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND), com o intuito de finalizar o processo de industrialização brasileiro. Investimentos nos setores de bens de capital, petroquímica, insumos básicos, infra-estrutura, Proálcool e a implementação do programa nuclear brasileiro foram feitos. Mesmo com um déficit nas exportações industriais brasileiras, o Brasil continuou a se endividar, e com a Segunda Crise do Petróleo, entre 1978 e 1979, o Brasil se afunda numa crise econômica e entra em colapso, o que se estenderia para a próxima década.

Esse período é marcado pela explosão da desigualdade e da pobreza na sociedade brasileira. A grande concentração e migração social nas metrópoles e a grande acumulação de renda, fazem a miséria aumentar tanto no meio rural como no meio urbano.

- Brasil – Anos 80: A Década Perdida

Nesse período, observou-se uma retração industrial surgida da pior crise da história do Brasil urbano com recessão, crise social e desemprego. Essa crise fez com que as indústrias se aperfeiçoassem, aumentando seus ganhos de produtividade e competitividade, sobretudo nos setores voltados para as importações. A agricultura se caracterizou por ganhos na produtividade e pela intensificação da "urbanização" da mão-de-obra agrícola. Segundo a FUNDAÇÃO SEADE (1992) citado em CANÇADO (1999), os rendimentos físicos da agricultura aumentaram.

Esse período se caracterizou por grandes tentativas de ajuste da economia nacional na busca do controle do processo inflacionário e da retomada do crescimento econômico. Ele foi marcado pela recessão, inflação crônica, crescimento desbalanceado e estagnação.

- Anos 90: Considerações sobre o Sistema Produtivo Contemporâneo

No final dos anos 60 e começo dos anos 70, o crescimento mundial desacelerou. Segundo PIORE & SABEL (1984) citado em CANÇADO (1999), a explicação para o fim do crescimento é atribuída ao desmoronamento da produção de massa, devido à estagnação da demanda de bens produzidos em série num período onde os mercados nos países desenvolvidos estavam saturados e os consumidores desses buscavam bens mais diversificados com uma concepção mais elaborada. Nessa situação, empresas pequenas e mais flexíveis que fabricavam e ofereciam bens e serviços diversificados e que empregavam mão-de-obra mais qualificada, começaram a se tornar mais competitivas e deixavam prever um novo modelo de desenvolvimento denominado *especialização flexível.*

Nos anos 70 e 80, o porte médio dos estabelecimentos diminuiu sensivelmente, em parte, devido ao desenvolvimento tecnológico para o aumento da produtividade e à desconcentração da produção em proveito de empresas menores (terceirização). Segundo BENKO (1996) citado em CANÇADO (1999), houve uma onda nítida de criação de novas empresas e as pequenas e as médias revelaram-se particularmente dinâmicas, o que se deveu:

- ✓ à descentralização de funções das grandes empresas em favor de sub-empreiteiros de pequeno e médio porte;
- ✓ ao surgimento de distritos industriais organizados a partir de redes de pequenas e médias empresas;
- ✓ à proliferação de pequenas empresas high tech que desenvolveram atividades de pesquisa-desenvolvimento de estabelecimentos maiores;
- ✓ ao surto de pequena e média escala de empresários e empresas que têm como objetivo a valorização dos recursos locais;
- ✓ ao desenvolvimento das pequenas empresas em zonas afetadas pelo declínio industrial e em setores nos quais a inserção era tanto mais facilitada quanto aí se encontravam trabalhadores licenciados nas pesquisas de outros meios para assegurar a subsistência;

- ✓ à existência de uma subnegociação que recorre aos sweatshops[2] e ao trabalho a domicílio;
- ✓ à persistência nos interstícios das sociedades em desenvolvimento de artesões tradicionais dependentes de mercados monopolistas.

De um lado, o sistema just in time e a necessidade de um controle maior estão ligados à substituição de numerosos subempreiteiros por apenas alguns, e por outro, uma gama limitada de produtos em pequenas quantidades restringe a possibilidade de uma empresa e dificulta a manutenção de serviços de apoio, como o marketing e o controle de qualidade, os quais são determinantes na obtenção de contratos e na adaptação.

O fortalecimento da fluidez do papel moeda e da flexibilidade do capital, aliado à facilidade com a qual o dinheiro circulava constituem as principais forças que concorreram para a maior instabilidade econômica e para as fortunas extremamente mutáveis das diferentes regiões do mundo.

Enfocando o Estado, no decorrer dos anos 70, observou-se que seus gastos como Estado-providência (saúde, previdência social, entre outros), chegaram a níveis insuportáveis. No final da década, alguns grupos neoliberais se mobilizaram para eleger governos que preconizavam reduzir a intervenção do Estado (privatizações). Isso levou a estratégias de privatização e desmantelamento do aparato estatal econômico e social. A política social mudou dos princípios de garantia de assistência pública gratuita para as possibilidades de assistência social individual paga. As vantagens sociais foram cada vez mais visadas com tentativas de se desregular as obrigações sociais e fiscais do Estado, além da tentativa de desregulação econômica.

Uma crise estrutural estabeleceu a reestruturação das sociedades capitalistas, através de uma depreciação maciça do trabalho e da reestruturação do capital, levando ao desemprego em massa, à globalização da vida econômica com a redução da influência dos governos nacionais e ao aumento da dominação das indústrias multinacionais. Diante desse quadro, aparece a polarização da sociedade, e com ela, um obstáculo à utilização de tecnologias inovadoras, o que fez as forças sociais progressistas criarem, como um de seus objetivos, projetos sociais e tecnológicos alternativos para os anos 90.

No Brasil, como nos outros países, esses efeitos têm sido observados fortemente no enxugamento do Estado com o processo de privatização. Com a falta de recursos para investimentos nas áreas sociais, com o aumento do desemprego advindo da flexibilização do trabalho e com o aumento da marginalização social apesar do achatamento da renda da classe média brasileira e um crescimento na renda da classe pobre, o Brasil segue o modelo internacional, onde a relação emprego e trabalho exige um profissional mais qualificado e polivalente para desempenhar várias funções dentro das empresas. O solapeamento dos salários através de uma política de contratação temporária, diminuindo assim os custos sociais e fiscais, leva o Estado à falência de seu modelo assistencialista. Aparecem, então, Estados falidos onde a falta de recursos impede que os investimentos em infra-estrutura básica sejam feitos e onde a terceirização estatal reina absoluta.

[2] Sweatshop significa oficina de superexploração, geralmente de negros.

- **Legislação ambiental e Política Nacional do Meio Ambiente**

A legislação sobre meio ambiente no Brasil até o início dos anos 70 se apresentou incipiente, caracterizada por total descaso do Poder Público.

Paralelamente a isso, na Europa, em 1972, um grupo de especialistas apresenta um trabalho científico acerca do futuro de nosso planeta. Este trabalho foi realizado por Dennis Meadows e um grupo de pesquisadores, no qual se indica que, continuando as atuais tendências de crescimento da população mundial (industrialização, produção de alimentos, poluição, etc.), serão atingidos os limites de crescimento do planeta nos próximos 100 anos.

No intuito de debater a questão ambiental, a Organização das Nações Unidas (ONU), realizou uma conferência para discutir a questão ambiental em Estocolmo, no ano de 1972, que teve como objetivo conscientizar os países sobre a importância da limpeza do ar nos grandes centros urbanos, a limpeza dos rios em bacias hidrográficas densamente povoadas e o combate à poluição marinha. Nesta ocasião, a preservação dos recursos naturais foi formalmente aceita pelos países participantes culminando na Declaração de Estocolmo sobre o Meio Ambiente. Ainda neste ano, criou-se o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) com sede em Nairóbi, Kenya.

Andando na contramão mundial, o representante brasileiro na conferência fez declarações a favor da degradação ambiental e da poluição em favor do desenvolvimento a qualquer custo.

Diante dessas declarações, pressões internacionais fizeram-se presentes sobre o Brasil, principalmente nos organismos de fomento internacionais (BID, Banco Mundial, entre outros), exigindo políticas ambientais mais severas por parte do Governo Brasileiro.

Assim, diante das pressões internacionais, em 1973, criou-se no Brasil, a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), sendo sua atuação pouco satisfatória.

A situação começa a mudar na década de 80, com a Lei Federal nº 6.938 de 31/08/81 que estabeleceu a Política Nacional do Meio Ambiente, o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Além disso, criou-se um dispositivo legal que legitimava a proposição de ações de responsabilidade civil e criminal, por parte do Ministério Público da União, nos casos de danos causados ao meio ambiente. Esta Lei sofreu várias alterações, sendo atualmente regulamentada pelo Decreto nº 99.274 de 06/06/90, com alterações dadas pelo Decreto nº 99.355 de 27/06/90.

Essa lei apresenta-se como a primeira lei federal brasileira a abordar o meio ambiente em sua totalidade, abrangendo todos os aspectos envolvidos e as várias formas de degradação ambiental, ampliando o conceito da antiga visão de poluição como àquelas praticadas pelas atividades industriais ou pela exploração dos recursos naturais, através da poluição definida como “degradação da qualidade ambiental”. Desta forma, considera-se poluição, conforme dito anteriormente, qualquer degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população, criem condições adversas às atividades sócio-econômicas, afetem desfavoravelmente a biota, afetem condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente e lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

A seguir, citam-se os principais objetivos da Política Nacional do Meio Ambiente:

- ✓ a relação saudável entre desenvolvimento econômico-social com a preservação ambiental e do equilíbrio ecológico;
- ✓ o estabelecimento de critérios e padrões de qualidade ambiental e de normas relativas ao uso e manejo de recursos ambientais;
- ✓ difusão de tecnologias de manejo do meio ambiente, divulgação de dados e informações ambientais e a formação de uma consciência pública sobre a necessidade de preservação da qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico;
- ✓ desenvolvimento de pesquisas e de tecnologias nacionais orientadas para o uso racional de recursos ambientais;
- ✓ a imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.

Citam-se, a seguir, os principais instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente:

- ✓ o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental;
- ✓ o zoneamento ambiental;
- ✓ a avaliação de impactos ambientais;
- ✓ o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras.

- ➢ Estabelecimento de padrões de qualidade ambiental

Este tópico diz respeito a normas gerais sobre a defesa ambiental abordados pela União, podendo Estados e o Distrito Federal abordá-los em caráter suplementar.

- ➢ Zoneamento ambiental

O zoneamento ambiental deve ser efetuado em nível nacional (macrozoneamento), regional e municipal. A Constituição Federal definiu como competência da União "elaborar e executar planos nacionais e regionais de ordenação do território e de desenvolvimento econômico e social".

Segundo BRAGA et al (2002), "os Estados, com base na competência comum e na concorrente, poderão estabelecer seus zoneamentos ambientais. A Lei nº 6.803 de 02/07/80 que dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial, prevê que os Estados estabeleçam leis de zoneamento nas áreas críticas de poluição que compatibilizem as atividades industriais com a proteção ambiental".

- ➢ Avaliação de impacto ambiental

A avaliação de impacto ambiental apresenta-se como um dos mais importantes instrumentos para a proteção do ambiente, definida na Política Nacional do Meio Ambiente. A Constituição Federal obriga a exigência de estudos prévios de impacto ambiental (EIA) para a instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente (artigo 225, inciso IV, parágrafo 1º).

A Resolução CONAMA nº 01 de 23/01/1986 regulamenta e estabelece a exigência de realização de estudo de impacto ambiental (EIA) e apresentação do respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente. Na mesma resolução, apresentam-se

algumas atividades que estariam sujeitas à elaboração de estudo de impacto ambiental. Cabe ressaltar que podem existir outras atividades (diferente das listadas na resolução) sujeitas à realização destes estudos.

Cabe ressaltar que o RIMA é acessível a qualquer cidadão, devendo estar à disposição dos interessados, e, conforme o caso, será necessária a realização de audiência pública para exame e discussão de seu conteúdo (Resolução CONAMA nº 9 de 03/12/87).

A Resolução CONAMA nº 06, de 16/09/87, estabelece normas para as concessionárias de exploração, geração e distribuição de energia elétrica no tocante ao licenciamento e elaboração de estudos de impacto ambiental. Segundo BRAGA et al (2002), entretanto, tal resolução vem sendo aplicada às grandes obras executadas por órgãos públicos ou suas concessionárias e engloba, também, empreendimentos iniciados antes da vigência da Resolução nº 001/86.

- Licenciamento

A Política Nacional do Meio Ambiente estabelece o seguinte sistema de licença:

i. Licença Prévia (LP): fase preliminar do planejamento da atividade, contendo requisitos básicos a serem atendidos nas fases de localização, instalação e operação, observando-se os planos municipais, estaduais ou federais de uso e ocupação do solo. Nesta fase se solicita o EIA/RIMA;
ii. Licença de Instalação (LI): autoriza o início da implantação, de acordo com as especificações constantes do projeto executivo aprovado;
iii. Licença de Operação (LO): autoriza, após as devidas inspeções, o início da operação da atividade licenciada e o funcionamento de seus equipamentos, de acordo com o estabelecido nas licenças anteriores.

As licenças normalmente são expedidas pelos órgãos de controle ambiental dos Estados (FEAM, CETESB, etc.), cabendo ao Governo Federal, por meio do IBAMA, o licenciamento em nível nacional ou regional.

Citam-se, a seguir, os principais aspectos institucionais e jurídicos relacionados ao meio ambiente no Brasil:

- Decreto 24.643 de 10/07/34: código das águas;
- Lei Federal nº 6.938 de 31/08/81: Política nacional do Meio Ambiente;
- Resolução CONAMA nº 01 de 23/01/86: regulamenta a avaliação de impacto ambiental através do EIA/RIMA;
- Constituição Federal de 1988: capítulo sobre meio ambiente;
- Lei nº 7.735: Criação do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Nacionais Renováveis) e da SEMAM/PR (Secretaria Especial do Meio Ambiente ligada à Presidência da República);
- Vinculação do IBAMA à SEMAM/PR;
- Criação do Ministério do Meio Ambiente (1992);
- Criação do Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal (1994).

4 – Política Nacional dos Recursos Hídricos

A Constituição Federal de 1988 previu a implantação de um Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. No intuito de atender à Constituição, promulgou-se a Lei nº 9.433, de 09/01/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e, ainda, criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) tem por objetivo assegurar a disponibilidade de água a todos, a utilização racional e integrada deste recurso e a prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos. Apresentam-se como seus princípios básicos:

- a água como bem público;
- a água como bem que agrega valor econômico;
- o uso prioritário da água: consumo humano e dessedentação de animais;
- a gestão dos recursos hídricos deve promover o uso múltiplo da água;
- unidade de gestão dos recursos hídricos: bacia hidrográfica;
- a gestão dos recursos hídricos descentralizada com participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Para implantar a PNRH, definiram-se os seguintes instrumentos:

- Plano de Recursos Hídricos;
- Enquadramento dos corpos d'água;
- Outorga dos direitos de uso da água;
- Cobrança pelo uso da água;
- Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos.

Para coordenar a gestão das águas e assegurar a implantação da PNRH, criou-se o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, o qual apresenta a seguinte estrutura (Figura 5):

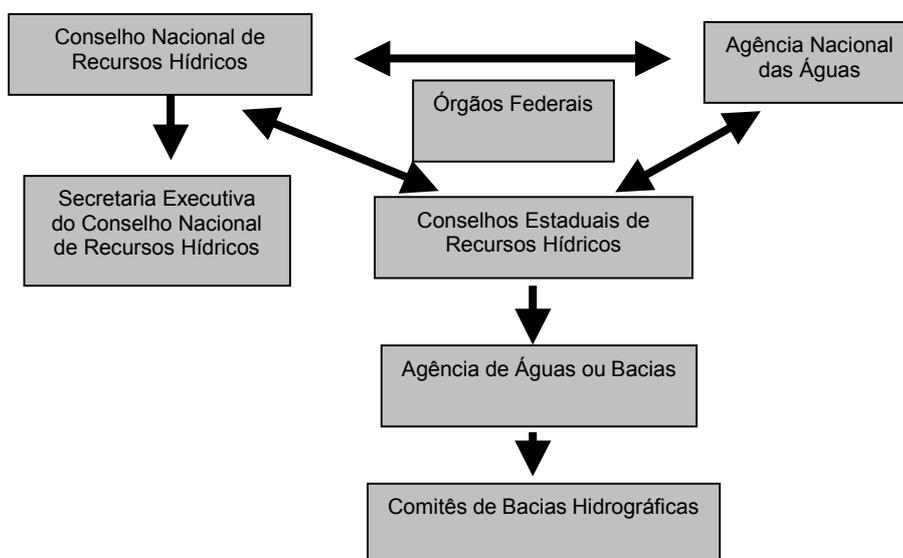



Figura 5 – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

- **Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)**

Apresenta-se como o órgão máximo normativo e deliberativo com atribuições de: promover a articulação do planejamento dos recursos hídricos com os planejamentos nacional, regional, estaduais e dos setores usuários; deliberar sobre projetos de aproveitamento de recursos; acompanhar a execução do Plano Nacional de Recursos Hídricos; estabelecer critérios gerais para outorga de direitos de uso dos recursos e para a cobrança pelo uso da água.

O CNRH é composto por representantes dos ministérios e secretaria da Presidência da República com atuação no gerenciamento ou no uso de recursos hídricos, por representantes indicados pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, por representantes dos usuários de recursos hídricos e por representantes de organizações civis de recursos hídricos. Cabe ressaltar que o número de representantes do Poder Público não poderá exceder à metade mais um do total dos membros do CNRH.

- **Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Recursos Hídricos**

À Secretaria Executiva do CNRH, a qual é exercida pela Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, compete: prestar apoio administrativo, técnico e financeiro ao CNRH.

- **Agência Nacional das Águas (ANA)**

Criada pelo Projeto de Lei nº 1617/99, a atuação da ANA obedece aos fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e será desenvolvida em articulação com órgãos e entidades públicas e privadas integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, sendo suas principais funções:

I – supervisionar, controlar e avaliar as ações e atividades decorrentes do cumprimento da legislação federal pertinente aos recursos hídricos;

II – disciplinar, em caráter normativo, a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos;

III – coordenar a elaboração e supervisionar a implementação do Plano Nacional de Recursos Hídricos e prestar apoio, na esfera federal, à elaboração dos planos de recursos hídricos das bacias hidrográficas;

IV – outorgar, por intermédio de autorização, o direito de uso de recursos hídricos em corpos de água de domínio da União, observado o disposto nos arts. 5º, 6º, 7º e 8º na Lei de criação da ANA;

V - fiscalizar os usos de recursos hídricos nos corpos de água de domínio da União;

VI - elaborar estudos técnicos para subsidiar a definição, pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, dos valores a serem cobrados pelo uso de recursos

hídricos de domínio da União, com base nos mecanismos e quantitativos sugeridos pelos Comitês de Bacia Hidrográfica, na forma do inciso VI do art. 38 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997;

VII – estimular e apoiar as iniciativas voltadas para a criação de Comitês de Bacia Hidrográfica;

VIII – implementar, em articulação com os Comitês de Bacia Hidrográfica, a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União;

IX – arrecadar, distribuir e aplicar receitas auferidas por intermédio da cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União, na forma do disposto no art. 22 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997;

X – planejar e promover ações destinadas a prevenir ou minimizar os efeitos de secas e inundações, no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, em articulação com o órgão central do Sistema Nacional de Defesa Civil, em apoio aos Estados e Municípios;

XI - promover a elaboração de estudos para subsidiar a aplicação de recursos financeiros da União em obras e serviços de regularização de cursos de água, de alocação e distribuição de água, e de controle da poluição hídrica, em consonância com o estabelecido nos planos de recursos hídricos;

XII – definir e fiscalizar as condições de operação de reservatórios por agentes públicos e privados, visando a garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos, conforme estabelecido nos planos de recursos hídricos das respectivas bacias hidrográficas;

XIII - promover a coordenação das atividades desenvolvidas no âmbito da rede hidrometeorológica nacional, em articulação com órgãos e entidades públicas ou privadas que a integram, ou que dela sejam usuárias;

XIV - organizar, implantar e gerir o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos;

XV - estimular a pesquisa e a capacitação de recursos humanos para a gestão de recursos hídricos;

XVI - prestar apoio aos Estados na criação de órgãos gestores de recursos hídricos;

XVII - propor ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos o estabelecimento de incentivos, inclusive financeiros, à conservação qualitativa e quantitativa de recursos hídricos.

- **Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CERH)**

Os Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos são criados por legislação específica de cada Estado, sendo suas atribuições gerais:

I - discutir e aprovar propostas de projetos de lei referentes aos Planos Estaduais de Recursos Hídricos;

II - Exercer funções normativas e deliberativas relativas à formulação, implantação e acompanhamento da Política Estadual de Recursos Hídricos;

III - estabelecer critérios e normas relativas ao rateio, entre os beneficiados, dos custos das obras de uso múltiplo dos recursos hídricos ou de interesse comum ou coletivo;

IV - estabelecer diretrizes para a formulação de programas anuais e plurianuais de aplicação de recursos de Fundos de Recursos Hídricos;

V - efetuar o enquadramento de corpos d'água em classes de uso preponderante, com base nas propostas dos Comitês de Bacias Hidrográficas - CBH, compatibilizando-as em relação às repercussões interbacias e arbitrando os eventuais conflitos decorrentes;

VI - decidir, originariamente, os conflitos entre os Comitês de Bacias Hidrográficas.

Sua composição segue o mesmo padrão da Lei Federal sendo formados por:

- ✓ Secretários de Estado, ou seus representantes, cujas atividades se relacionem com o gerenciamento ou uso dos recursos hídricos, a proteção do meio ambiente, o planejamento estratégico e a gestão financeira do Estado;
- ✓ representantes dos municípios contidos nas bacias hidrográficas, eleitos entre seus pares;
- ✓ representantes de universidades, institutos de ensino superior e de pesquisa, do Ministério Público e da sociedade civil organizada.

- **Agência de Águas (AA)**

As Agências de Água (AA) exercerão a função de secretaria executiva do respectivo ou respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica. Sua área de atuação terá a mesma área de atuação de um ou mais Comitês de Bacia Hidrográfica.

Sua criação deverá ser autorizada pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) ou pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CERH), mediante solicitação de um ou mais Comitês de Bacia Hidrográfica das Agências de Água.

Sua criação condiciona-se ao atendimento dos seguintes requisitos:

a) prévia existência do respectivo ou respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica;
b) viabilidade financeira assegurada pela cobrança do uso dos recursos hídricos em sua área de atuação.

É competência das Agências de Água, no âmbito de sua área de atuação:

a) manter balanço atualizado da disponibilidade de recursos hídricos em sua área de atuação;
b) manter o cadastro de usuários de recursos hídricos;
c) efetuar, mediante delegação do outorgante, a cobrança pelo uso de recursos hídricos;

d) analisar e emitir pareceres sobre os projetos e obras a serem financiados com recursos gerados pela cobrança pelo uso de recursos hídricos e encaminhá-los à instituição financeira responsável pela administração desses recursos;
e) acompanhar a administração financeira dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos em sua área de atuação;
f) gerir o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos em sua área de atuação;
g) celebrar convênios e contratar financiamentos e serviços para a execução de suas competências;
h) elaborar a sua proposta orçamentária e submetê-la à apreciação do respectivo ou respectivos Conselhos de Bacia Hidrográfica;
i) promover os estudos necessários para a gestão dos recursos hídricos em sua área de atuação;
j) elaborar o Plano de Recursos Hídricos para apreciação do respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica;
k) propor ao respectivo ou respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica:
    i. o enquadramento dos corpos de água nas classes de uso, para encaminhamento ao respectivo Conselho Nacional ou Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, de acordo com o domínio destes;
    ii. os valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos;
    iii. o plano de aplicação dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
    iv. o rateio de custos das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo.

- **Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH)**

Os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH) são responsáveis por: promover o debate das questões relacionadas aos recursos hídricos da bacia e articular a atuação das entidades intervenientes; arbitrar, em primeira instância, os conflitos relacionados aos recursos hídricos; aprovar e acompanhar a execução do Plano de Recursos Hídricos da Bacia; propor isenção de outorga para alguns casos; estabelecer os mecanismos para cobrança pelo uso da água e sugerir os valores a serem cobrados; estabelecer critérios e promover o rateio de custo de obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo.

O CBH é composto por representantes da União e/ou Estados (conforme o domínio do corpo d'água) e dos municípios que compõem a Bacia, por representantes de usuários de recursos hídricos e entidades civis de recursos hídricos com atuação comprovada na Bacia. Limita-se a participação dos Poder Público (União, Estados e Municípios) à metade do total dos membros.

- **Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos**

    - Plano de Recursos Hídricos

Os Planos de Recursos hídricos tem por objetivo fundamentar e orientar a implementação da PNRH e o gerenciamento dos recursos hídricos, a longo prazo.

Em seu conteúdo deve-se incluir: diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos, análises e estudos sobre a dinâmica sócio-econômica, identificação de conflitos potenciais, metas de racionalização de uso, projetos a serem implantados, diretrizes e critérios para cobrança pelo uso da água, entre outros.

Os Planos de Recursos Hídricos devem ser elaborados por bacia Hidrográfica, por Estados e para o País constituindo-se elementos do PNRH.

- Enquadramento dos corpos d'água

O enquadramento dos corpos d'água tem por objetivo a qualidade dos recursos hídricos e visa: assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

As classes dos corpos d'água para enquadramento estão definidas pela Resolução CONAMA nº 20, de 18/06/1986.

Quadro 1- Resumo da Classificação das águas (segundo uso preponderante) adotada pela Resolução CONAMA nº 20

Águas Doces
I – Classe Especial – Águas destinadas: i. Ao abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção; ii. À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
II – Classe 1 – Águas destinadas: i. Ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado; ii. À proteção das comunidades aquáticas (natação, esqui aquático e mergulho); iii. À recreação de contato primário; iv. À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; v. À criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.
III – Classe 2 – Águas Destinadas: i. Ao abastecimento doméstico, após o tratamento convencional; ii. À proteção das comunidades aquáticas; iii. À recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho); iv. À irrigação de hortaliças e plantas frutíferas; v. À criação natural e/ou intensiva (aqüicultura) de espécies destinadas à alimentação humana
IV – Classe 3 – Águas Destinadas: i. ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; ii. à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; iii. à dessedentação de animais.
V – Classe 4 – Águas Destinadas: i. à navegação; ii. à harmonia paisagística; iii. aos usos menos exigentes.

- Outorga dos direitos de uso da água

A Lei define que estão sujeitos à outorga pelo Poder Público os seguintes usos de recursos hídricos:

- ✓ derivação ou captação de parcela de água existente em um corpo d'água para consumo final, inclusive abastecimento público ou insumo de processo produtivo;
- ✓ extração de água de aqüífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;
- ✓ lançamento em corpos d'água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com objetivo de diluição, transporte ou disposição final;
- ✓ aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;
- ✓ outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo d'água.

A outorga se efetivará por ato de autoridade competente do Poder Público Federal, dos Estados ou Distrito Federal.

- ❑ Cobrança pelo uso da água

Os objetivos para a cobrança pelo uso da água são:

- ✓ reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário a indicação de seu rela valor;
- ✓ incentivar a racionalização do uso da água;
- ✓ obter recursos para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos Planos de Recursos Hídricos.

Os usos cobrados estão pautados pelo instrumento anterior (outorga), sendo que os recursos arrecadados serão aplicados prioritariamente na Bacia Hidrográfica em que foram gerados.

- ❑ Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos

Define-se como Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos (SNIRH), o sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre os recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão, com dados gerados pelos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. O SNIRH apresenta como objetivos:

- ✓ reunir, consistir e divulgar dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no País;
- ✓ atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional;
- ✓ fornecer subsídios para os Planos de Recursos Hídricos.

- **Importância da Bacia Hidrográfica**

Hoje, considera-se a unidade de gestão dos recursos hídricos, tomando por base de planejamento e atuação, a bacia hidrográfica, que é definida como a área geográfica que drena suas águas para um determinado recurso hídrico. Isso se deve à facilidade em fazer-se o confronto entre disponibilidades e demandas hídricas (essenciais para a determinação do balanço hídrico) e à facilidade de

estudar a qualidade da água dos corpos d'água, a qual se encontra intimamente ligada às atividades exercidas na área da bacia constituinte.

Entretanto, cabe a ressalva que a gestão dos recursos hídricos por uma bacia hidrográfica é profundamente complexa devido aos seus aspectos políticos e administrativos.

5 – A importância da água

A água é um recurso fundamental para a vida do planeta. Ela representa um componente obrigatório para a geração e a manutenção da vida e é fonte de hidrogênio. Dessa maneira, a existência dos seres vivos na terra se deve graças à presença da água em seu estado líquido na biosfera.

Sua abundância é inquestionável, pois praticamente 2/3 da Terra são ocupados por água. Pode-se distinguir dois ambientes aquáticos bem definidos: o ambiente de água doce e o ambiente marinho.

Sendo de grande importância para a manutenção da vida, torna-se necessário saber como a água se distribui no nosso planeta, e como ela circula de um meio para outro. Os $1,36 \times 10^{18}$ m^3 de água disponíveis do planeta distribuem-se da seguinte forma:

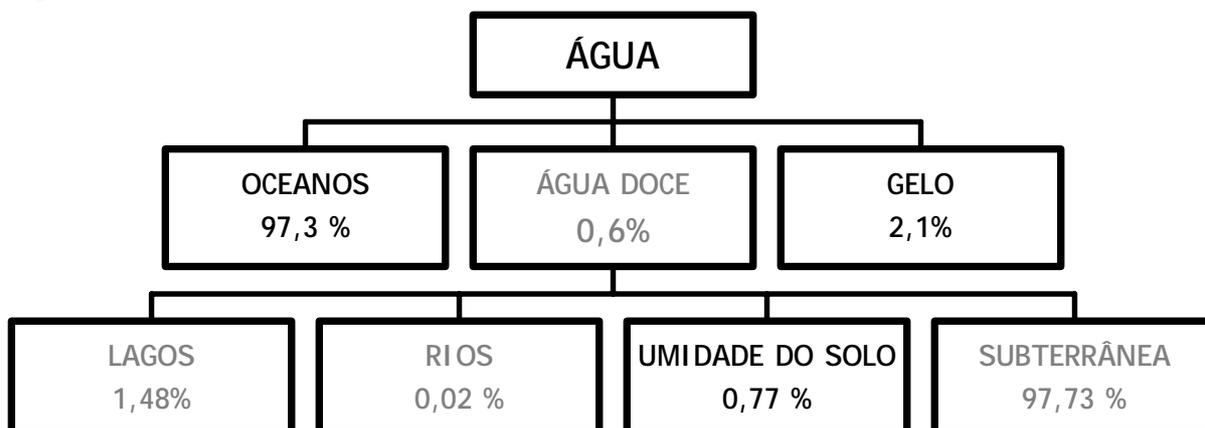



Figura 6 – Distribuição da Água no Planeta - Fonte: GUERRA & CUNHA (1998)

Pode-se ver claramente que, da água disponível, apenas 0,6% pode ser utilizada mais facilmente pelos seres vivos. Desta pequena fração de 0,6%, apenas 1,5% apresentam-se na forma superficial, de extração mais fácil. A análise desses valores ressalta a grande importância de preservar os recursos hídricos na terra.

Apresenta-se, a seguir, o ciclo da água que demonstra como ela circula na biosfera. A esse ciclo dá-se o nome de CICLO HIDROLÓGICO.

Figura 7 – Ciclo Hidrológico – Fonte: Braga et al. (2002)

No ciclo hidrológico, distinguem-se os seguintes mecanismos de transferência da água:

- *Precipitação:* corresponde a toda a água que cai da atmosfera na superfície da Terra. As principais formas são: chuva, neve, granizo e orvalho;
- *Escoamento Superficial:* a precipitação que atinge a superfície da Terra tem dois caminhos por onde seguir: escoar na superfície ou infiltrar no solo. O escoamento da água sobre o solo forma córregos, lagos e rios e eventualmente atinge o mar;
- *Infiltração:* corresponde à água que atinge o solo e é absorvida, formando os lençóis d'água subterrâneos;
- *Evapotranspiração:* corresponde a transferência da água para o meio atmosférico que se dá através dos seguintes mecanismos, conjuntamente denominados evapotranspiração:
  - ✓ Evaporação: transferência da água superficial do estado líquido para o gasoso;
  - ✓ Transpiração: ocorre quando as plantas que retiram a água do solo pelas raízes, transferem a água para as folhas e, então, essa evapora.

6 – O ciclo do uso da água no meio urbano

Como visto anteriormente, a água é vital para os seres vivos, incluindo o homem. A água tem que estar disponível para os seres vivos no estado em que possam utilizar, ou seja, principalmente em rios, lagos e reservatórios. O homem se utiliza da água de maneiras distintas: uns a usam como meio de locomoção, outros como meio de sobrevivência e outros para recreação. Mas o uso mais nobre da

água é o uso para consumo humano (matar a sede, lavar utensílios domésticos, etc.). Destacam-se, a seguir, os principais usos da água pelo homem:

- ✓ abastecimento doméstico;
- ✓ abastecimento industrial;
- ✓ irrigação;
- ✓ dessedentação de animais;
- ✓ recreação e lazer;
- ✓ preservação da fauna e da flora;
- ✓ navegação;
- ✓ geração de energia elétrica;
- ✓ diluição de despejos.

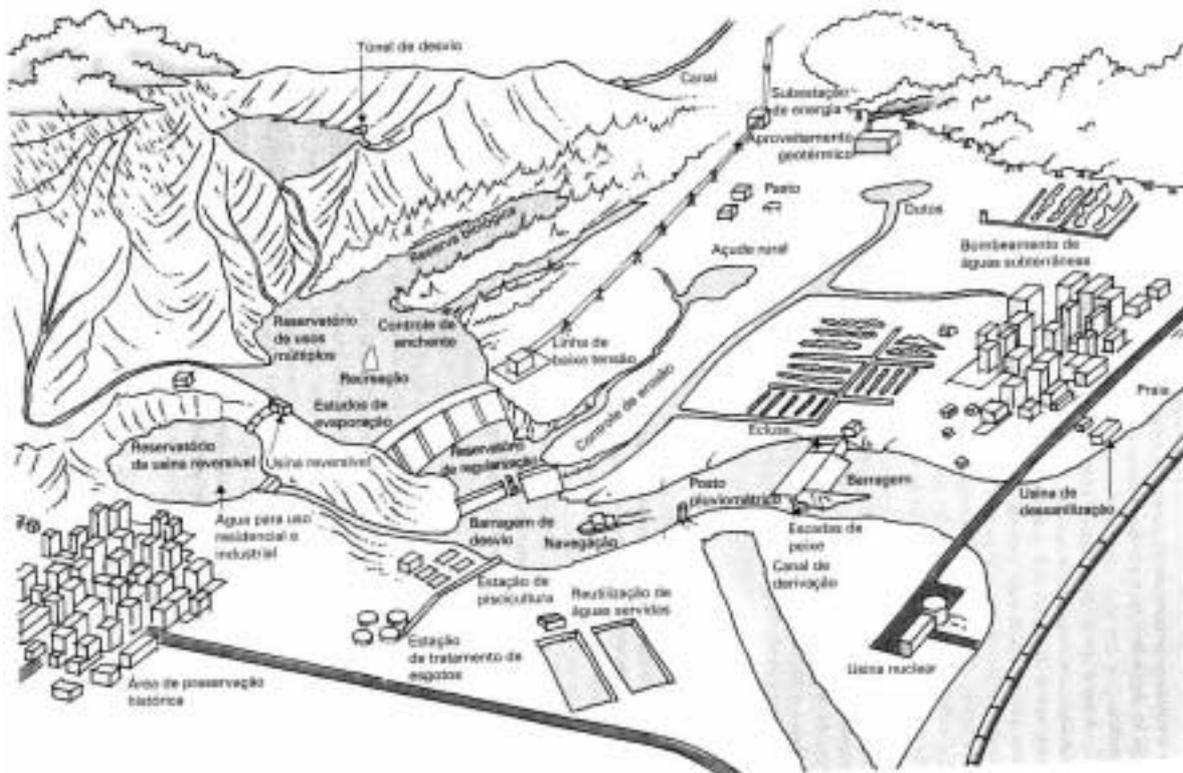



Figura 8– Usos da Água – Fonte: Braga et al. (2002)

Analisando-se os usos acima especificados, quatro deles (abastecimento doméstico, industrial, irrigação e possivelmente dessedentação de animais) implicam na retirada da água dos recursos hídricos (rios, lagos e reservatórios) de onde eles se encontram. Geralmente, apenas os dois primeiros usos (doméstico e industrial) necessitam de um tratamento prévio da água captada para a sua utilização, devido à exigência de diversos critérios de qualidade.

Além do ciclo da água na natureza, observa-se outro ciclo onde a água permanece na fase líquida, mas suas características são alteradas devido à sua utilização. Este ciclo é denominado *ciclo do uso da água*. Neste ciclo, pode-se observar a utilização da água no *meio urbano* através de sua captação e uso, seguido do respectivo descarte de volta ao recurso hídrico de onde foi retirado.

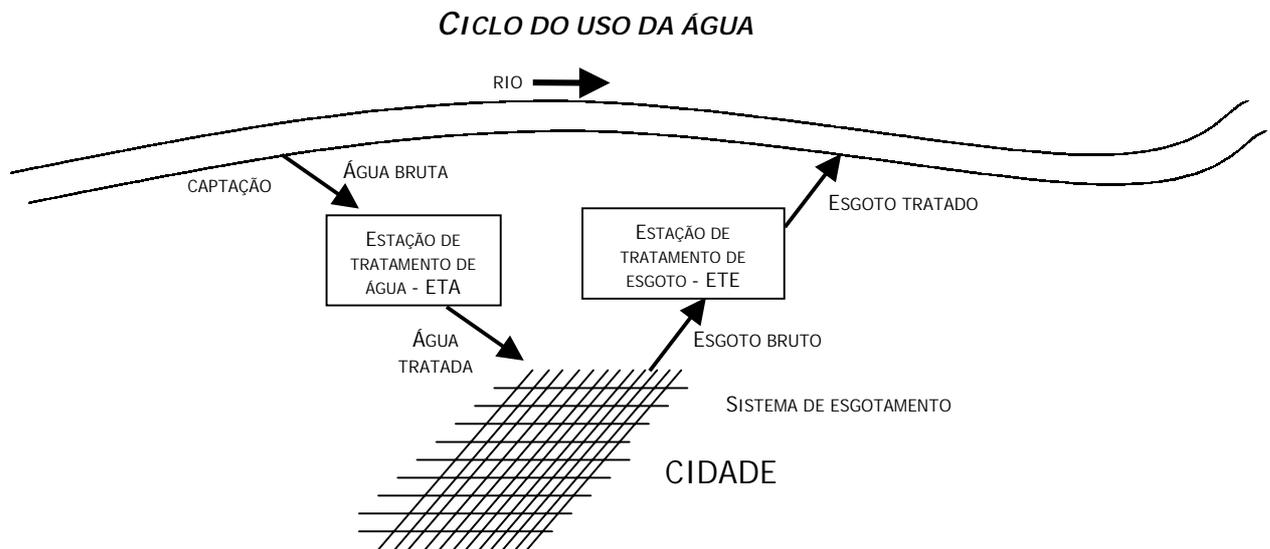



Figura 9 – Ciclo do uso da água – Fonte: Adaptado de Von Sperling (1995)

- ✓ Água bruta: água retirada do recurso hídrico disponível (rio, lago, reservatório ou lençol subterrâneo) que possui uma determinada qualidade;
- ✓ Estação de tratamento de água: unidade que tem por objetivo condicionar as características da água bruta a fim de atender à qualidade necessária a um determinado uso;
- ✓ Água tratada: água, que após a captação, sofre transformações através de tratamento para se adequar aos usos previstos;
- ✓ Esgoto bruto (água usada): água que, após a sua utilização, é descartada através do sistema de esgotamento que a coleta e a conduz até o seu devido tratamento;
- ✓ Estação de tratamento de esgoto: unidade que tem por objetivo o tratamento do esgoto bruto, a disposição sanitária dos resíduos gerados no tratamento e o descarte dos esgotos tratados;
- ✓ Esgoto tratado: água que, após o devido tratamento para remoção de seus principais poluentes, retorna ao corpo receptor;
- ✓ Corpo receptor: a água que sai da estação de tratamento (efluente) atinge o corpo d'água receptor (rio), onde a qualidade da água volta a sofrer novas alterações devido a sua diluição e a processos de recuperação naturais do corpo d'água receptor (autodepuração).

Cabe ressaltar que o gerenciamento desse ciclo nas áreas urbanas é de vital importância para a manutenção da qualidade de vida dos seres que habitam a região, dentre eles o homem.

7 – Poluição das Águas

O homem precisa viver de acordo com as leis da Ecologia, respeitando as demais espécies, bem como impondo a si mesmo uma estratégia racional de longo e médio prazo para a utilização dos recursos naturais de nosso planeta.

Entretanto, o mesmo homem que deveria respeitar e conservar os recursos naturais tem gerado uma contínua deterioração do meio ambiente físico e biológico. Esta situação é decorrente, essencialmente, da extensiva e intensiva

exploração dos recursos naturais, atitude essa que, em muitos casos, tem levado ao esgotamento desses recursos bem como à extinção de milhares de espécies.

Devido a essa exploração abusiva dos recursos naturais e ao mau uso dos mesmos, observa-se a alteração em larga escala da composição natural da biosfera. Quando tais alterações de composição chegam a níveis suficientemente grandes para prejudicar a vida nesses ambientes ou a utilização normal dos mesmos, diz-se que houve POLUIÇÃO.

A poluição hídrica pode ser caracterizada por qualquer alteração nas características naturais de um recurso hídrico de modo a torná-lo prejudicial para os seres que dele dependam ou que dificulte ou impeça um uso definido a ele. Quando a poluição de um determinado recurso hídrico prejudica a saúde do homem, diz-se que há contaminação. Assim sendo, a contaminação pode ser vista como um caso particular da poluição, no qual a água está contaminada com substâncias químicas ou radioativas e microorganismos que podem causar malefícios ao homem. Dessa forma, a água pode estar poluída, porém não contaminada sob a ótica do homem.

Vale ressaltar que, na perspectiva ecológica, a poluição pode ser considerada contaminação quando se considera o ecossistema aquático, pois, além de alterá-lo, a poluição pode acarretar uma alteração das cadeias alimentares, ocasionando o desaparecimento e/ou supremacia de espécies.

As principais fontes de poluição hídrica são:

- ✓ de origem natural: decomposição de vegetais, erosão das margens, etc;
- ✓ esgotos domésticos;
- ✓ esgotos industriais;
- ✓ águas do escoamento superficial;
- ✓ de origem agropastoris: excrementos de animais, pesticidas, fertilizantes;
- ✓ resíduos sólidos (lixo).

- **Fontes Naturais**

Esse tipo de poluição geralmente não causa danos de grande importância, a não ser quando os mesmos forem intensificados pelo homem.

Entre as fontes naturais de poluição, citam-se a decomposição de vegetais e animais e a erosão das margens, as quais, em condições normais, são absorvidas pelos processos naturais de equilíbrio da natureza.

A ação do homem através de alterações no meio gera graves problemas, tais como: represamento de águas em áreas com abundante vegetação, resultando numa intensa decomposição dos vegetais e na produção de alto teor de matéria orgânica e outros problemas; retirada da mata ciliar causando maior erosão do solo com aumento do material carreado para as águas, provocando aumento na turbidez, assoreamento e outras conseqüências.

- **Esgotos Domésticos**

Os esgotos domésticos são provenientes das habitações e gerados através de usos como lavagem de utensílios domésticos, pias, banheiros, roupas, instalações sanitárias, entre outros.

Dependendo do porte da cidade, os resíduos líquidos das atividades comerciais, industriais, entre outros, variam em maior ou menor quantidade.

Os esgotos domésticos apresentam composição mais ou menos definida, variando em função da concentração (que depende do consumo de água), dos hábitos da população, do tipo de sistema de esgotamento, da natureza e de outras contribuições, além das domiciliares.

Segundo Mota (1995), a composição média dos esgotos domésticos apresenta as seguintes características:

Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO[3] (5 dias, 20° C):	**300 mg/l**
Alcalinidade (em $CaCO_3$):	**120 mg/l**
Cloretos :	**75 mg/l**
Sólidos Totais:	**500 mg/l**
Número de coliformes[4] :	**10^5 a 10^6 por mililitro**
Nitrogênio Total :	**em torno de 10 mg/l**
Sulfatos :	**em torno de 20 mg/l**
Sabões e gorduras :	**em torno de 20 mg/l**

- **Esgotos Industriais**

Os resíduos industriais variam dependendo do tipo de processamento industrial utilizado, caracterizando-se basicamente por:

- presença de compostos químicos tóxicos;
- temperatura elevada;
- cor[5];
- turbidez[6];
- odor;
- nutrientes;
- sólidos dissolvidos;
- óleos e graxas;
- microorganismos patogênicos.

Segundo Mota (1995), as indústrias mais poluidoras dos recursos hídricos são: fábricas de papel e celulose, açúcar e álcool (usinas), indústrias químicas, aços e metais, têxteis, alimentícias (bebidas e laticínios), curtumes, matadouros e petroquímicas.

- **Águas de Escoamento Superficial**

Quando escoam pelo solo, as águas pluviais podem carrear uma série de impurezas para os corpos d'água.

As águas pluviais urbanas (águas provenientes da drenagem) caracterizam-se pela presença de sólidos, matéria orgânica, microorganismos patogênicos, defensivos agrícolas, fertilizantes, compostos químicos, etc., provenientes de poluentes atmosféricos, ligações clandestinas de esgoto em redes pluviais urbanas, lixo, poeira, jardins, etc.

---

[3] Demanda Bioquímica de Oxigênio é a quantidade de oxigênio (O_2) necessária para que os microorganismos aeróbios decomponham a matéria orgânica.

[4] Coliformes são os indicadores da presença de matéria fecal no líquido. São bactérias que vivem normalmente no organismo humano, existindo em grande quantidade nas fezes.

[5] Existência de substâncias dissolvidas na água. Acentua-se quando há a presença de minerais (ferro e manganês) e despejos coloridos de esgotos industriais.

[6] Causada pela existência de material em suspensão na água, como: partículas insolúveis do solo, matéria orgânica e microorganismos macroscópicos.

Já as águas de escoamento no meio rural carream para os corpos d'água, basicamente, matéria orgânica (folhas e dejetos), pesticidas, fertilizantes, compostos químicos, entre outros.
Ressalta-se que a importância da erosão do solo provocada pela falta de cobertura vegetal (mata ciliar), permite o transporte dos recursos hídricos, contribuindo para o aumento de sua turbidez e para o assoreamento do curso d'água (resultando na diminuição de sua seção útil).

- **Fontes Agropastoris**

Analisando-se as fontes de poluição agropastoris, as de maior importância são os pesticidas, os fertilizantes e os excrementos de animais.

Os pesticidas podem chegar ao corpo d'água pelo ar (através da aplicação dos mesmos por aviões), carreados pela água da chuva após sua aplicação (através de águas infiltradas em áreas onde foram aplicados) e por utilização direta no corpo d'água dos mesmos para combate a larvas de vetores[7] de doenças. Os inseticidas mais perigosos são os chamados organoclorados, pois suas persistências no solo são longas, chegando até a anos. Os mais persistentes são: DDT, dieldrin, lindano, clordana, heptacloro e aldrin.

O uso de fertilizantes na agricultura visando um melhor rendimento agrícola pode resultar no carreamento de nutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio) para os corpos d'água, através do escoamento superficial ou da infiltração da água. Estes elementos podem provocar problemas nos corpos d'água (em teores elevados), pois são nutrientes para a flora aquática (algas e plantas aquáticas).

Os excrementos de animais, por sua vez, podem possuir microorganismos patogênicos e aumentar a DBO na água.

- **Resíduos Sólidos (Lixo)**

É muito comum em áreas urbanas observar-se o lançamento do lixo nas coleções hídricas. Esse tipo de prática resulta em três tipos de poluição das águas, quais sejam:

- Poluição física: através do lançamento dos resíduos sólidos residenciais e industriais nos corpos d'água, ocasionando-se uma série de perturbações no meio aquático e no meio ambiente, dentre as quais citam-se: o aumento da temperatura da água, aumento da turbidez, formação de obstáculos inertes, lodo e alteração na cor.
- Poluição Química: o lançamento de resíduos sólidos industriais e tóxicos, onde citam-se: detergentes não biodegradáveis, substâncias tóxicas, herbicidas, fungicidas, etc., causam malefícios à saúde humana. Esses compostos, por exemplo, comprometem uma série de funções do corpo humano, como o sistema nervoso, no caso dos inseticidas.
- Poluição Biológica: causada especificamente, no caso do lixo, por resíduos que contenham fósforo e nitrogênio (nutrientes). Como já comentado anteriormente, podem comprometer a vida no ecossistema aquático (eutrofização)[8].

[7] Vetor é definido como o inseto portador de microorganismos que causam doenças.
[8] Eutrofização: enriquecimento das águas através de nutrientes, causando a proliferação excessiva da flora aquática, podendo cobrir toda a superfície hídrica onde o fenômeno estiver ocorrendo.

- Poluição Bioquímica: esta poluição pode ocorrer devido à decomposição do lixo por microorganismos que formam um líquido chamado chorume[9]. Esse líquido pode causar a redução de oxigênio nos corpos d'água e a contaminação dos mesmos, inclusive os lençóis subterrâneos de água. Usinas de açúcar e álcool produzem grande poluição bioquímica da água através dos subprodutos de sua produção (vinhoto[10] – alta DBO).

Ressalta-se a importância do lixo dos serviços de saúde ou lixo hospitalar, geralmente caracterizado por dois tipos:

1) resíduos comuns gerados por restos de alimentos, de embalagens, invólucros e restos das atividades administrativas (papéis, papelão, etc.);
2) resíduos infectantes, que são aqueles produzidos nas salas de cirurgias, nas enfermarias e isolamentos, os restos de curativos e aqueles que contém sangue e hemoderivados.

O primeiro tipo de resíduos gerado pode ser acondicionado de maneira regular, pois não apresentam nenhum perigo, desde de que separados do segundo tipo. Já o segundo tipo, também denominado lixo séptico e deve ser acondicionado, coletado, transportado, tratado e disposto cuidadosamente por oferecer riscos à saúde do homem, sendo necessário áreas restritas em aterros sanitários para sua manipulação.

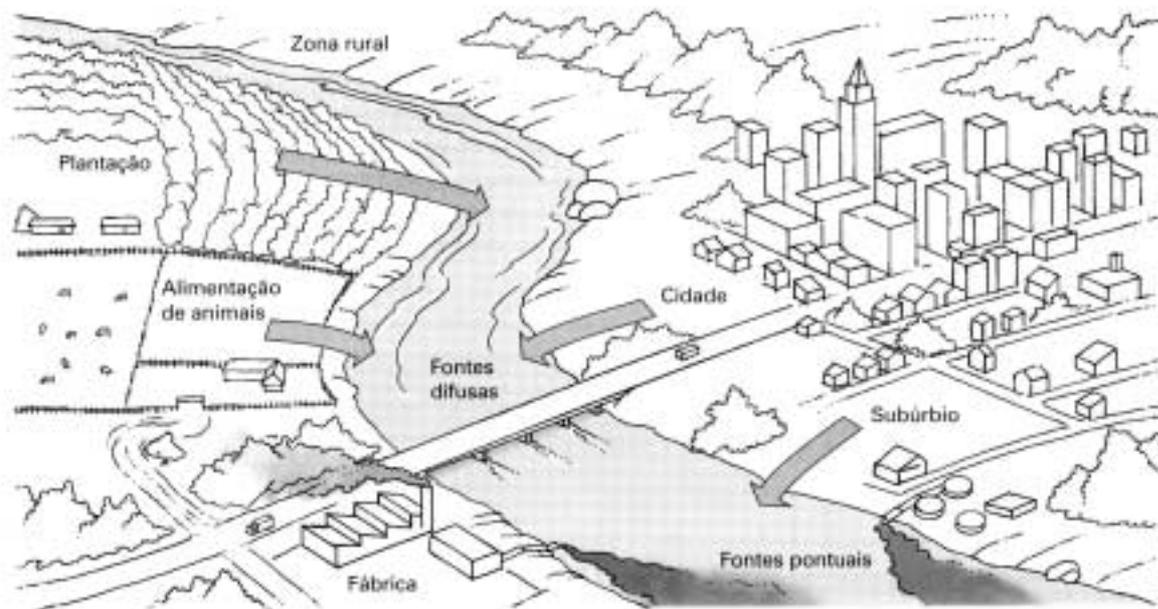



Figura 10 – Fontes de Poluição Hídrica – Fonte: Braga et al. (2002)

[9] Chorume é o líquido percolado, geralmente escuro, através da decomposição do resíduo sólido formado por três diferentes fontes: umidade natural do lixo, água de constituição da matéria orgânica e das enzimas expelidas por bactérias decompositoras que dissolvem a matéria orgânica formando um líquido.
[10] Sub-produto do processo de fabricação de açúcar. Possui alta concentração de DBO.

8 – Efeitos e Indicadores Biológicos de Poluição

A poluição apresenta-se como um dos mais devastadores efeitos das atividades antrópicas em relação aos ecossistemas naturais. Como exemplo, cita-se os Estados Unidos que lançam anualmente aproximadamente 20 milhões de toneladas de substâncias que são respiradas por seres aeróbios, incluindo-se o próprio ser humano que a gera. Enfocando-se especificamente os cursos d’água, a poluição exerce um efeito deletério sobre a maioria dos organismos existentes na massa d’água. A mortandade de peixes constitui-se no efeito biológico mais visível da poluição dos cursos d’água, mas, além disso, ocorre a destruição em número elevado de outros organismos e microorganismos cuja ausência passa despercebida.

Devido à destruição do habitat aquático existente, geralmente, observa-se o surgimento de nova flora e fauna constituídas de resistência às alterações causadas pela poluição no meio aquático. Dessa forma, vê-se claramente que o número de espécies capazes de viver nessas novas condições é menor do que as que vivem nos ambientes naturais. Logo, observa-se que o ambiente poluído tende a ser limitante e favorável a um pequeno número de espécies, as quais sem concorrentes e com grande disponibilidade de alimento, inclinam-se a se reproduzirem rapidamente, desenvolvendo assim uma enorme população de indivíduos. Cabe ressaltar que essa regra geral pode apresentar exceções, como por exemplo, o caso de presença de elementos tóxicos muito poderosos e não seletivos que destroem as espécies indistintamente.

A poluição nem sempre é causada apenas pela presença de substâncias tóxicas ou putrescíveis. Vários são os tipos de fatores que podem causar a poluição e alterar a fauna e a flora do meio aquático ou por serem nocivos à saúde, os quais, segundo BRANCO (1986), citam-se: físicos, físico-químicos, orgânicos, químicos, minerais.

- **Fatores Físicos**

    - Cor e turbidez: a presença na água de substâncias pigmentadas em solução ou dispersão coloidal, ou a de partículas (silte, areias, etc.) em suspensão, causando um aumento da cor e da turbidez, podem afetar as características de um dado curso d’água, de duas maneiras principais: dificultando a passagem da luz solar essencial aos processos fotossintéticos e carreando o material em suspensão (turbidez) para o fundo, causando o soterramento de organismos bentônicos e arrastando para o fundo certos organismos que vivem em suspensão;
    - Temperatura: os vários seres que compõem a fauna e a flora aquática são susceptíveis a variação de temperatura na água (poluição térmica), causada por lançamentos no rio de despejos muito aquecidos, provenientes, em geral, de indústrias, sistema de resfriamento de caldeiras, de motores, etc., os quais causam efeitos diretos pela coagulação das proteínas que constituem a matéria viva, e indiretos seja pelo aumento da capacidade tóxica de certas substâncias dissolvidas na água (por exemplo, a rotenona) ou por proporcionar a proliferação de organismos (parasitas), seja pela diminuição que a temperatura provoca na capacidade da dissolução

e retenção de oxigênio e, ao mesmo tempo, o aumento da atividade fisiológica dos organismos aquáticos levando à asfixia dos mesmos.

- **Fatores Físico-químicos**

  - Potencial hidrogeniônico (pH): variações muito bruscas no pH do meio, causadas basicamente por lançamento de ácidos fortes, podem afetar a fauna e a flora aquática. O efeito do pH sobre os organismos apresenta-se, geralmente, indireto, causado pela influência que pode exercer sobre a toxicidade de certos compostos, tais como a amônia, metais pesados, gás sulfídrico, etc., ou também com relação à fixação de cálcio para a formação de conchas.
  - Radioatividade: o problema de lançamentos radioativos em corpos d'água de rejeitos provenientes de usinas nucleares e de indústrias que utilizam tais substâncias como fábricas de tintas fosforecentes, mostradores de relógios, etc., vem se apresentando preocupante nos últimos anos. A radioatividade desses despejos pode chegar ao homem por vários caminhos: seja pela utilização direta de água contaminada, seja através de vegetais que foram irrigados com essa água ou de carne de gado que se alimentou desses vegetais ou, ainda, pela ingestão de peixes contaminados. O principal perigo relacionado com as substâncias radioativas refere-se a sua acumulação em organismos mais resistentes à sua ação deletéria, como os peixes, que, depois, transmitirão ao homem que deles se alimentar.
  - Osmose: pode-se afirmar que a razão pelas quais determinados organismos vivem somente em água doce e outros em água salina ou do mar relaciona-se com o valor osmótico de cada um desses meios. As células dos organismos vivos possuem, em seu interior, substâncias dissolvidas em água, em determinadas concentrações, o que lhes confere um valor osmótico. Assim sendo, essas células quando colocadas em um ambiente líquido, sendo dotadas de membranas do tipo semi-permeável, ou seja, que permitem a passagem de água, comportam-se de duas maneiras: se a concentração salina do meio líquido é maior que a da célula, há uma tendência a perda de água por parte da célula, condicionando o fenômeno de plasmólise celular, em que a célula murcha em virtude da diminuição de volume; se, ao contrário, o ambiente possuir menor salinidade que a célula, esta tende a absorver a água do meio, verificando-se o fenômeno da turgescência celular, isto é, o aumento da célula e respectivo rompimento da mesma, causando a sua morte. Dessa forma, apresenta-se importante o controle da poluição salina nos corpos d' água.
  - Tensão superficial: a poluição por despejos de substâncias denominadas tênsio-ativas, comumente encontradas em sabões e detergentes sintéticos, podem gerar graves modificações no ambiente. A locomoção de muitos organismos aquáticos depende fundamentalmente da tensão superficial da água e a modificação daquela pode alterar profundamente as condições de vida. O problema relacionado aos detergentes não biodegradáveis ou

detergentes sulfonados derivados de alquil benzenos (ABS), deve-se as suas pouquíssimas susceptibilidades à biodegradabilidade e, uma vez introduzidos no meio, ali permanecem resistindo à ação dos microorganismos, passando aos lençóis subterrâneos, gerando inúmeros problemas para a sua reutilização para fins sanitários. Hoje em dia, existem vários detergentes biodegradáveis no mercado, mas, entretanto, os mesmos causam problemas ao meio ambiente, principalmente no que tange à utilização sanitária da água.

- **Poluição química**

Os esgotos domésticos ou industriais possuem grande quantidade de substâncias dissolvidas que, por serem indesejáveis ou até mesmo prejudiciais ao homem, devem ser descartadas. Observa-se um contra-senso nesta prática, visto que na maioria dos casos, lança-se esse despejos em mananciais de água potável.

Entre os compostos inorgânicos presentes destacam-se os sais de variados metais, sendo alguns tóxicos, outros não. Já os compostos orgânicos variam desde os mais complexos, como proteínas, gorduras, hidratos de carbono em geral, até as mais simples, como microorganismos presentes no meio a uréia e outros.

Devido à ação oxidante de microorganismos no meio aquático, essas substâncias encontram-se em constante transformação, tendendo à estabilização, na forma de gás carbônico e sais de nitrogênio, fósforo, potássio, etc. Todos os compostos constituintes do esgoto bruto e os que aparecem no decorrer do processo de estabilização, pela transformação dos primeiros, podem afetar grandemente as diferentes espécies de organismos que habitam normalmente o meio aquático.

- **Poluição orgânica**

A poluição proveniente de despejos orgânicos pode causar, basicamente, dois tipos de influências químicas nocivas ao ambiente aquático e seus organismos: efeito direto tóxico e o efeito indireto através da criação de condições anaeróbias ou de, pelo menos, deficiência de oxigênio livre. Através de qualquer um dos caminhos citados acima, a poluição pode alterar as características do ciclo biodinâmico do meio aquático.

Por outro lado, a poluição orgânica pode constituir uma fonte de compostos micronutrientes, essenciais a certos tipos de microorganismos aquáticos. Em outras palavras, a poluição enriquece largamente a matéria orgânica das águas receptoras, dependendo da quantidade e da qualidade dos despejos. Cabe salientar que algumas substâncias orgânicas são nocivas aos organismos aquáticos, dentre as quais citam-se: álcoois butílico e etílico, DDT, TDE, entre outros, dependendo de suas concentrações.

Entretanto, a maior extensão da poluição orgânica pode ser sentida pelos dados causados pela redução do oxigênio dissolvido na água pela presença de compostos orgânicos. Essa redução resulta da atividade de respiração aeróbia por parte dos organismos, que utilizam o oxigênio dissolvido na água para a oxidação dos compostos orgânicos. Quando a água é rica em oxigênio dissolvido e a concentração de matéria orgânica lançada na água não se apresenta muito grande, estabelece-se um equilíbrio, em que, na medida que o oxigênio vai sendo

consumido na respiração dos organismos que se alimentam de matéria orgânica, ele vai sendo reposto, na mesma proporção, através de aeração na superfície ou por atividades fotossintetizantes dos vegetais aquáticos.

No entanto, se a carga de matéria orgânica é muito alta, o processo de aeração é insuficiente, podendo-se chegar a condições anaeróbias em certos níveis ou até mesmo em toda a massa d'água. Como resultado da diminuição do oxigênio, observa-se uma redução geral do número de espécies na massa d'água e no fundo, sendo que os organismos resistentes a essas condições multiplicam-se, com rapidez, passando a constituir uma população que facilmente identifica o ambiente poluído.

- **Poluição mineral**

Os compostos minerais lançados num corpo d'água constituem-se fonte de poluição físico-química (modificando o pH e o valor osmótico) e se apresentam capazes de afetar quimicamente o mesmo através de duas maneiras: atuando como agente tóxico ou como fonte de nutrição mineral (fósforo, potássio) favorecendo a proliferação de organismos (especificamente vegetais). Os efeitos tóxicos dos compostos minerais são bastante conhecidos e citados a seguir:

- Metais: segundo BRANCO (1986), experiências feitas utilizando-se uma planária *Polycelis nigra* (verme platelminto), revelam a seguinte ordem descrescente de toxidez de metais: Prata, Mercúrio, Cobre, Ouro, Cádmio, Zinco, Níquel, Cromo, Cobalto, Alumínio, Potássio, Chumbo, Magnésio, Cálcio, Sódio, Estrôncio. Observa-se uma relação estreita entre a toxidez e a capacidade do metal em formar diversos compostos complexos com o protoplasma. Para os peixes, observa-se a seguinte ordem crescente de toxidez: Sódio, Magnésio, Cálcio, Potássio, Manganês, Bário, Ferro bivalente, Ferro trivalente, Níquel, Alumínio, Estanho, Cádmio, Zinco, Cobre e Mercúrio. Na literatura, os principais casos de poluição tóxica por metais na água apresentam-se pela presença dos seguintes elementos:

    - Chumbo: procedente basicamente de zonas de minério e de algumas atividades industriais. Alguns autores citam como doses fatais a peixes os valores de 0,1 a 0,4 mg/l. Para outros organismos, observa-se que a concentração desse metal superior a 0,3 mg/l leva a uma grande diminuição do número de espécies como do número de organismos.
    - Cobre: compostos de cobre são utilizados em combate às algas (estações de tratamento de água, lagoas e reservatórios), aos moluscos transmissores do *Schistosoma* e para controle de fungos e larvas de insetos em plantações. Essas substâncias são carreadas ou introduzidas diretamente em lagos e rios pelas chuvas ou por manuseio de equipamentos e sua respectiva lavagem. Os efeitos do cobre sobre a população são semelhantes ao do chumbo. Além da redução de espécies e do número de indivíduos que acontecem no

meio poluído, observa-se que concentrações de 0,1 a 0,8 mg/l de sulfato de cobre – $CuSO_4 . 5H_2O$ – ou seja, aproximadamente 0,025 mg/l a 0,2 mg/l de cobre têm sido admitidas como toleráveis para a maioria dos peixes, em condições naturais. Com relação a outros tipos de organismos, sabe-se que, especialmente fungos, e, em segundo lugar, as algas, são além de outros vegetais, extremamente sensíveis à ação tóxica do cobre. A microfauna é totalmente dizimada a concentrações superiores a 1,0 mg/l de cobre.

- Zinco: os efeitos do zinco sobre peixes e certos tipos de algas é bastante conhecido. Observa-se freqüente mortes em massa de peixes em peixarias ou mesmo em aquários, vitimados por zinco provenientes do revestimento interno de tubulações de aços galvanizados.
- Cianetos: esses compostos apresentam-se em despejos industriais, sendo que há grandes variações de capacidade letal dos cianetos, de acordo com a natureza química do composto e condições existentes no meio. Como por exemplo, 1,0 mg/l de cianeto (em CN) combinado com níquel (niquelcianeto) é mais tóxico, em pH baixo, do que 1.000 mg/l do mesmo complexo a um pH 8,0, condição em que sua toxidez passa a ser desprezível.

- **Eutrofização**

Fenômeno onde ocorre a transformação de um meio oligotrófico (pobre em nutrientes) para um meio eutrófico (rico em nutrientes), através da introdução direta e indireta de saia minerais na água produzindo-se um enriquecimento proporcional de sua flora e fauna. Toda essa seqüência de desenvolvimentos se verifica, ao longo de um curso d’água, através do fenômeno da autodepuração de despejos orgânicos. Esse fenômeno quando muito avançado pode favorecer a espécies de organismos, basicamente algas, as quais tornam-se a espécie prevalescente, podendo chegar a destruição do ecossistema aquático (Figura 11).

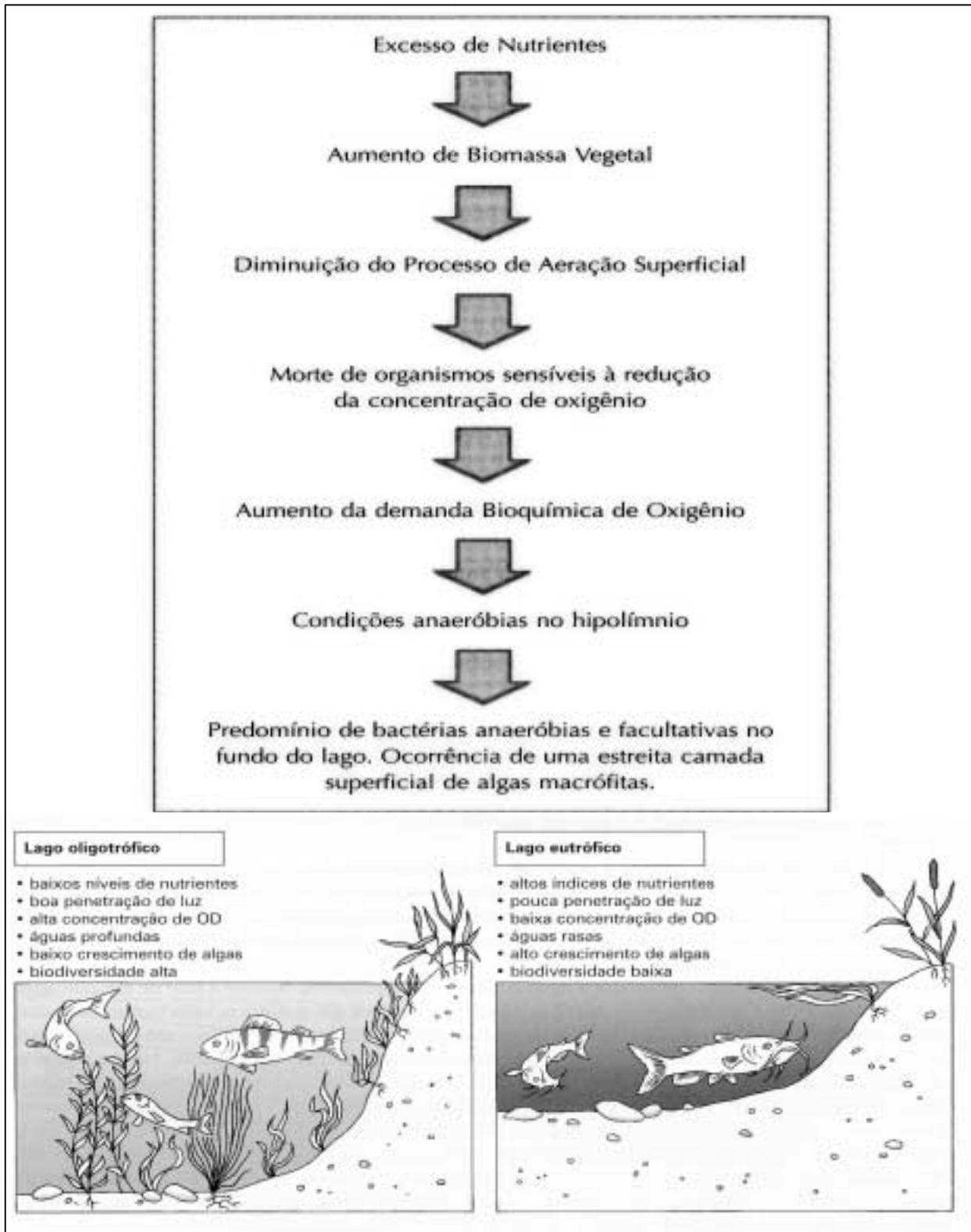



Figura 11 – Fenômeno da Eutrofização – Fonte: adaptado de Braga et al (2002).

- **Autodepuração**

A introdução de matéria orgânica em um corpo d'água resulta, indiretamente, em um consumo de oxigênio dissolvido. Isto se deve aos processos biológicos de estabilização da matéria orgânica, realizados por bactérias decompositoras, que utilizam o oxigênio disponível na água para sua respiração. A

partir daí, ocorre o decaimento do oxigênio dissolvido que tem diversas implicações analisando-se o ponto de vista ambiental. Essas implicações se tornaram um dos principais problemas de poluição da águas em nossos dias.

Segundo Von Sperling (1995), o conceito de autodepuração apresenta a mesma relatividade que o conceito de poluição. Uma água pode ser considerada depurada, sob um ponto de vista, mesmo que não esteja totalmente purificada em termos higiênicos, apresentando, por exemplo, organismos patogênicos. Dentro de um enfoque prático, deve-se considerar que uma água esteja depurada quando suas características não sejam conflitantes com a sua utilização prevista em cada trecho do curso d'água. Isto porque não existe uma autodepuração absoluta: o ecossistema atinge novamente o equilíbrio, mas em condições diferentes das anteriores, devido ao incremento da concentração de certos produtos e subprodutos da decomposição. Em decorrência destes compostos, a comunidade aquática se apresenta de uma forma diferente, ainda que em novo equilíbrio.

O fenômeno da autodepuração deve ser conhecido tendo em vista os seguintes objetivos:

⇒ ***Utilização da capacidade de assimilação dos rios***. Nos dias atuais, levando-se em consideração nossos recursos, justifica-se a utilização dos nossos cursos d'água como complementação dos sistemas de tratamento de esgotos, observando-se aí os critérios técnicos seguros e bem definidos.

⇒ ***Não permitir o lançamento de despejos acima da capacidade de assimilação do corpo d'água.*** Utilizando-se deste preceito, pode-se utilizar a capacidade de autodepuração até se alcançar um ponto adequado, onde a carga não ultrapasse a capacidade de assimilação do corpo d'água.

A água, além de elemento indispensável a todas as formas de vida terrestre, constitui, por si só, um ambiente característico, habitado por inúmeras formas de vida, representando ecossistemas em equilíbrio, sujeito às mesmas leis que os ecossistemas terrestres. Após o lançamento de despejos, esse equilíbrio é afetado, resultando numa desorganização inicial, seguida por uma tendência posterior à reorganização.

Ainda segundo Von Sperling (1995), nesse sentido, a autodepuração pode ser encarada como um fenômeno de sucessão biológica. Há uma seqüência sistemática de substituições de uma comunidade por outra, até que uma comunidade estável se estabeleça em equilíbrio com as condições locais.

A existência de poluição ou não pode ser caracterizada pelo conceito de diversidade de espécies, exposto a seguir:

- ***Ecossistema em condições naturais:*** elevada diversidade de espécies - elevado número de espécies - reduzido número de indivíduos em cada espécie.
- ***Ecossistema em condições perturbadas:*** baixa diversidade de espécies - reduzido número de espécies - elevado número de indivíduos em cada espécie.

A figura 12 a seguir demonstra a relação entre poluição e diversidade de espécies.

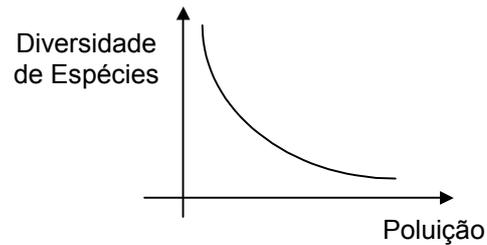



Figura 12 - Relação qualitativa entre poluição e diversidade de espécies (adaptado de Von Sperling, 1995)

A redução na diversidade de espécies se deve ao fato da poluição ser um processo seletivo, onde só as espécies mais adaptadas às novas condições do ambiente sobrevivem e proliferam (o que resulta em um elevado número de indivíduos da espécie). As que não resistem à nova situação, podem até sucumbir, o que nos leva a um reduzido número de espécies.

Pelo fato da autodepuração ser um processo que ocorre ao longo do tempo, consegue-se, considerando a dimensão do corpo d'água receptor, uma associação entre os estágios da sucessão ecológica e as zonas de autodepuração que podem ser identificadas fisicamente no corpo d'água. São elas:

- *zona de degradação;*
- *zona de decomposição ativa;*
- *zona de recuperação;*
- *zona de águas limpas.*

Segundo Von Sperling (1995), a jusante de um despejo predominantemente orgânico e biodegradável, tem-se as seguintes características de cada zona. Deve-se ressaltar que, a montante do lançamento dos despejos, tem-se a *zona de águas limpas,* caracterizada pelo seu equilíbrio ecológico e elevada qualidade da água.

ZONA DE DEGRADAÇÃO[11]

♦ Característica geral	Esta zona tem início logo após o lançamento das águas residuárias no curso d'água. A principal característica química é a alta concentração de matéria orgânica, ainda em seu estágio complexo, mas potencialmente decomponível.
♦ Aspecto estético	No ponto de lançamento a água se apresenta turva, devido aos sólidos presentes nos esgotos. A sedimentação de sólidos resulta na formação de bancos de lodo.
♦ Matéria orgânica e oxigênio dissolvido	Como o nome bem caracteriza, nesta zona há uma completa desordem, em relação à comunidade estável antes existente. O processo de decomposição da matéria orgânica, efetuado pelos microorganismos decompositores, pode ter um início lento, dependendo da adaptação dos seres decompositores aos despejos. Normalmente, no caso de despejos predominantemente orgânicos, os microorganismos presentes nas águas residuárias são responsáveis pelo início da decomposição. Como esta pode ser ainda incipiente, o consumo de oxigênio dissolvido para as atividades respiratórias dos microorganismos pode ser também reduzido, possibilitando a que seja encontrado oxigênio dissolvido suficiente para vida de peixes. Após a adaptação dos microorganismos, a taxa de consumo da matéria orgânica atinge seu máximo, implicando também na taxa máxima de consumo de oxigênio dissolvido.
♦ Comunidade aquática	Há uma sensível diminuição de espécies de seres vivos, embora o número de indivíduos em cada uma seja bem elevado, caracterizando um ecossistema perturbado. Há o desaparecimento das formas menos adaptadas e a predominância e desenvolvimento das formas resistentes e melhor aparelhadas às novas condições. Ocorre uma evasão de hidras, esponjas, musgos, crustáceos, moluscos e peixes.

ZONA DE DECOMPOSIÇÃO ATIVA

♦ Característica geral	Após a fase inicial de perturbação do ecossistema. Este começa a se organizar, com os microorganismos desempenhando ativamente suas funções de decomposição da matéria orgânica. Como conseqüência, os reflexos no corpo d'água atingem os níveis mais acentuados, e a qualidade da água apresenta-se em seu estado mais deteriorado.
♦ Aspecto estético	Observa-se ainda acentuada coloração na água e os depósitos de lodo escuro no fundo.
♦ Matéria orgânica e oxigênio dissolvido	Nesta zona, o oxigênio dissolvido atinge a sua menor concentração. Caso a quantidade de esgoto lançada tenha sido de uma certa magnitude, pode ser que o oxigênio dissolvido venha a ser totalmente consumido pelos microorganismos. Nesta situação, têm-se condições de anaerobiose em toda sua massa líquida, no trecho em questão. Desaparece, conseqüentemente, a vida aeróbia, dando lugar à predominância de organismos anaeróbios.
♦ Comunidade aquática	O número de bactérias entéricas, patogênicas ou não, diminui rapidamente. Isto se deve ao fato que tais bactérias, adaptadas às condições ambientais prevalecentes no trato intestinal humano, não resistem às novas condições ambientais, predominantemente adversas à sua sobrevivência. O número de protozoários se eleva, o que implica na ascensão em um degrau da pirâmide alimentar, dentro do processo de sucessão ecológica. A macrofauna é ainda restrita em espécies. Não voltaram a surgir ainda as hidras, esponjas, musgos, crustáceos, moluscos e peixes.

[11] Todas as tabelas adaptadas de Von Sperling (1995)

ZONA DE RECUPERAÇÃO

♦ Característica geral	Após a fase de intenso consumo de matéria orgânica e de degradação do ambiente aquático, inicia-se a etapa de recuperação.
♦ Aspecto estético	A água está mais clara e a sua aparência geral apresenta-se grandemente melhorada. Os depósitos de lodo sedimentados no fundo apresentam textura mais granulada e não tão fina, não havendo mais desprendimento de gases ou de mau cheiro.
♦ Matéria orgânica e oxigênio dissolvido	A matéria orgânica, intensamente consumida nas zonas anteriores, já se encontra grandemente estabilizada, ou seja, transformada em compostos inertes. Isto implica em que o consumo de oxigênio, através da respiração bacteriana, seja mais reduzido. Com isso, paralelamente à introdução de oxigênio atmosférico na massa líquida, aumentam os teores de oxigênio dissolvido. As condições anaeróbias possivelmente preponderantes na zona anterior não mais ocorrem. Isto traz como conseqüência uma nova mudança na fauna e na flora aquáticas.
♦ Comunidade aquática	O número de bactérias encontra-se bem mais reduzido e, como conseqüência, também o de protozoários bacteriófagos. As algas se apresentam em franca reprodução. As primeiras a aparecer são as algas azuis, na superfície e nas margens, depois os flagelados e algas verdes e, finalmente, as diatomáceas. Os microcrustáceos ocorrem em seu máximo, apresentando-se ainda em grande número os moluscos e vários vermes, dinoflagelados, esponjas, musgos e larvas de insetos. A cadeia alimentar está mais diversificada, gerando a alimentação dos primeiros peixes, mais tolerantes.

ZONA DE ÁGUAS LIMPAS

♦ Característica geral	As águas apresentam-se novamente limpas, voltando a ser atingidas as condições normais anteriores à poluição, pelo menos no que diz respeito ao oxigênio dissolvido, à matéria orgânica e aos teores de bactérias e, provavelmente, de organismos patogênicos.
♦ Aspecto estético	A aparência da água encontra-se similar à anterior à ocorrência da poluição.
♦ Matéria orgânica e oxigênio dissolvido	Na massa líquida há a predominância das formas completamente oxidadas e estáveis dos compostos minerais, embora o lodo de fundo não esteja necessariamente estabilizado. A concentração de oxigênio dissolvido é próxima à de saturação, devido ao baixo consumo pela população microbiana e à possivelmente elevada produção pelas algas.
♦ Comunidade aquática	Devido à mineralização ocorrida na zona anterior, as águas são agora mais ricas em nutrientes do que antes da poluição. Assim, a produção de algas é bem maior. Há o restabelecimento da cadeia alimentar normal. São encontradas ninfas de odonatas, efemérides, assim como grandes crustáceos de água doce, moluscos e vários peixes. A diversidade de espécies é grande. O ecossistema encontra-se estável e a comunidade atinge novamente o clímax.

ZONA DE AUTODEPURAÇÃO[12]

Figura 13 - Perfil esquemático da concentração da matéria orgânica, bactérias decompositoras e oxigênio dissolvido ao longo do percurso no curso d'água. Delimitação das zonas de autodepuração.

---

[12] Adaptado de Von Sperling (1995)

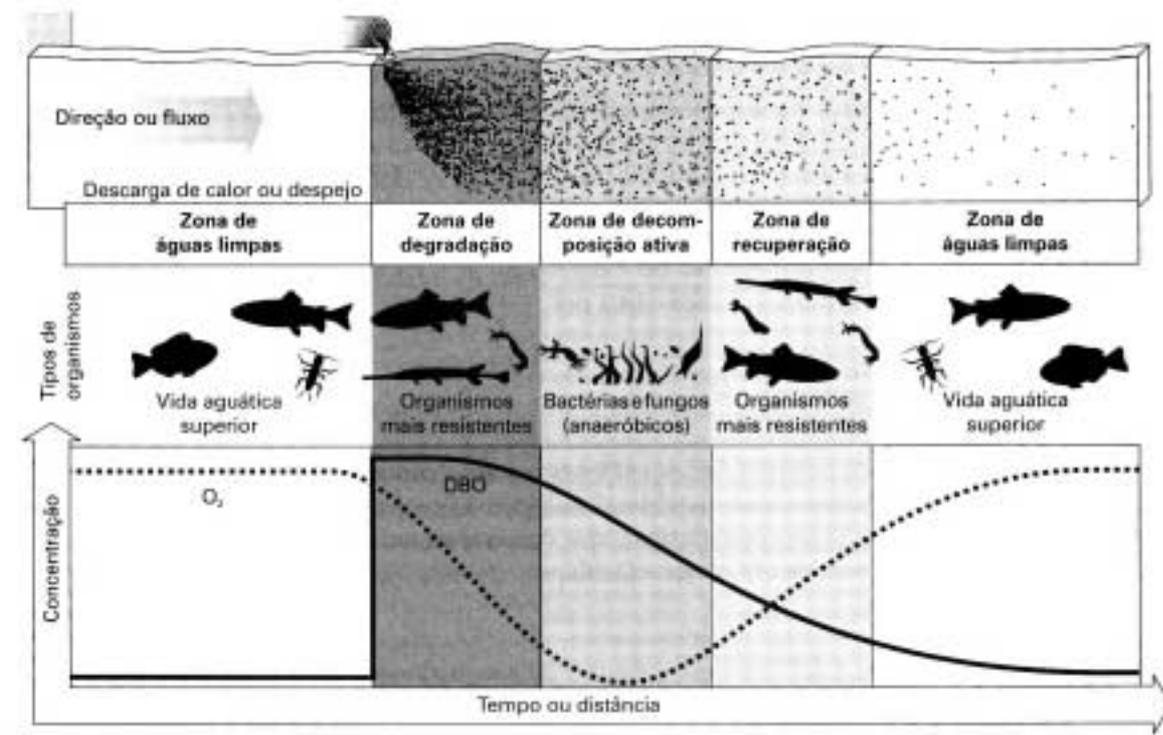



Figura 14 – Processo de autodepuração – Fonte: Braga et al. (2002).

- **Indicadores biológicos de poluição**

Os diversos tipos de poluição que podem ocorrer em um manancial implicam, sobretudo, nos seguintes efeitos sobre a população natural: tóxicos, redução ou aumento das fontes de energia ou de nutrição orgânica e mineral, redução das fontes de oxigênio. Tais efeitos, contudo, não agem indiscriminadamente sobre toda a flora e fauna aquática.

Assim, segundo BRANCO (1986), é que, por exemplo, embora a maior parte dos microrganismos presentes nas águas naturais se ressinta fortemente da falta de oxigênio dissolvido, tal não se dá com relação a anaeróbios obrigatórios ou facultativos; a presença ou ausência de matéria orgânica, em grande quantidade, afeta, certamente, a vida dos seres heterótrofos, mas não a dos autótrofos, os quais, por outro lado, podem ser diretamente afetados pela falta de luz, enquanto que os primeiros não.

Freqüentemente, o desenvolvimento incomum de alguma espécie em particular, permite prever a presença, em grande concentração, de substâncias indispensáveis a esta e provavelmente nocivas a outras espécies, como sucede, por exemplo, o gás sulfídrico em relação às sulfobactérias e, de acordo com esse mesmo princípio, pode-se ter conhecimento de diferentes graus e tipos de poluição, de acordo com os organismos sobreviventes e, principalmente, aqueles que se desenvolvem em maior número.

Tais organismos são determinados índices ou indicadores biológicos de poluição e permitem estabelecer uma verdadeira classificação ecológica dos organismos aquáticos, de acordo com o ambiente que preferem ou que são capazes de suportar.

Essa classificação pode ser de dois tipos: um, que utiliza apenas um dos grupos de organismos presentes, como por exemplo, as algas, as bactérias ou os protozoários, procurando identificar as várias espécies com os ambientes de que são

característicos. Dessa maneira, a classificação biológica de um determinado ambiente aquático poderá ser feita por um só especialista que pesquisará e se preocupará, somente, com os organismos pertencentes ao grupo de sua especialidade. O outro tipo utiliza-se de todos os grupos de organismos no seu conjunto, comparando, estatisticamente, as freqüências relativas de organismos de cada um dos vários grupos. Para este tipo de relacionamento é sempre necessária a presença de uma equipe de especialistas, uma vez que exige a classificação de todas as espécies encontradas.

O primeiro processo, embora menos acurado, é sempre mais rápido que o segundo; entretanto, este oferece um panorama muito mais amplo do ambiente ecológico, devendo ser utilizado em trabalhos de maior amplitude ou para fins especiais.

Segundo BRANCO (1986), as informações fornecidas pelos indicadores biológicos podem suprir as seguintes deficiências dos métodos químicos e bacteriológicos de determinação de poluição: as determinações de DBO e as contagens bacteriológicas não demonstram a presença de substâncias tóxicas e, além disso, quando realizadas no despejo antes de seu lançamento, não permitem prever os efeitos que produzirão em um corpo d’água, efeitos esses que se devem a variações físicas, químicas, etc.

9 – Tratamento de Água para Abastecimento Público

Para melhor compreensão do ciclo de tratamento para abastecimento público faz-se necessário o conhecimento de alguns padrões de potabilidade segundo Portaria nº 1.469/00 do Ministério da Saúde que estão mostrados no Quadro 2.

Quadro 2 – Alguns exemplos de características dos padrões de Potabilidade (Portaria nº 1.469/00 do Ministério da Saúde)

Característica	Unidade	Valor máximo permissível (VMP)
Características Físicas e Organolépticas		
Cor aparente	UH[13]	5 (sistema de distribuição)
Odor		Não objetável
Sabor		Não objetável
Turbidez	UT[14]	5 e 1[15]
Características Químicas		
a) componentes Inorgânicos que afetam a saúde		
Arsênio	mg/l	0,01
Chumbo	mg/l	0,01
Cianetos	mg/l	0,07
Cromo	mg/l	0,05
Nitratos	mg N/l	10
b) componentes Orgânicos que afetam a saúde		
Pentaclorofenol	□g/l	9
Triclorofenol	□g/l	0,2
Tricloroeteno	□g/l	70
Trihalometanos Total	□g/l	0,1
c) componentes que afetam a qualidade organoléptica		
Alumínio	mg/l	0,2
Cloretos	mg/l	250
Dureza Total	mg $CaCO_3$/l	500
Ferro Total	mg/l	0,3
Manganês	mg/l	0,1
Sulfatos	mg SO_4^{-2}/l	250
Bacteriológicos		
Ausência de coliformes fecais em 100 ml de amostra. Ausência da bactéria do grupo coliformes totais em 100 ml, quando a amostra é coletada na entrada da rede de distribuição		
Radioativos		
O valor de referência para a radioatividade alfa globall (incluindo o Rádio 226) é de 0,1 Bq/l (um décimo de bequerel por litro) O valor de referência para a radioatividade beta global é de 1 Bq/l		

[13] UH: unidade de escala Hazen (platina-cobalto)
[14] UT: unidade de turbidez (unidade nefelométrica ou laekson)
[15] Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção

O ciclo de tratamento e distribuição de água potável para abastecimento pode ser analisado como uma indústria que transforma sua matéria prima (água bruta) em água potável, utilizando-se diversas operações e processos químicos em uma Estação de Tratamento de Água (ETA). Este produto final (água potável) deve ser desinfetado e protegido (desinfecção da água tratada), para então ser armazenado (reservatórios) e distribuído (rede de distribuição) ao consumidor final.

- **Sistema Convencional de Tratamento de Água**

Um sistema convencional de tratamento com ciclo completo apresenta-se formado pelas seguintes etapas:

- Manancial;
- Captação;
- Adução;
- Mistura rápida;
- Floculação;
- Decantação;
- Filtração;
- Desinfecção e Fluoretação;
- Condicionamento químico da água (corrosão ou incrustação).

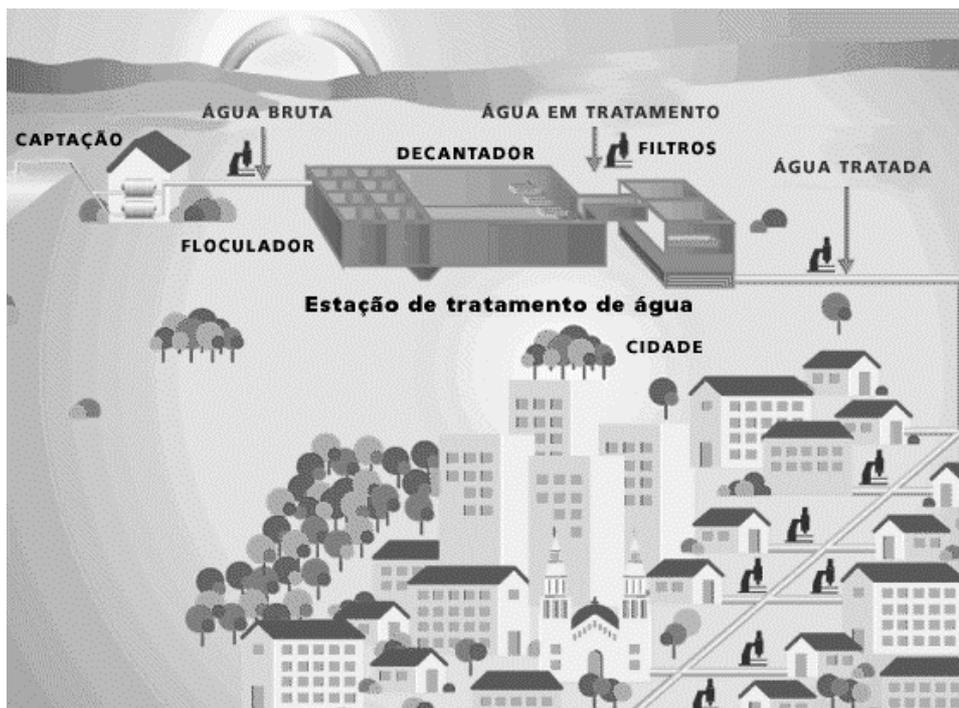



Figura 15 – Estação de Tratamento de Água (ETA) Convencional – Fonte: COPASA (2000)

Além disso, pode ser necessária a implantação de outras etapas visando complementar o tratamento, dentre as quais citam-se:

- Pré-cloração da água bruta;
- Oxidação química para remoção de ferro, manganês ou outros contaminantes;
- Utilização de carvão ativado para a adsorção de compostos orgânicos, etc.

- *Manancial*

Fonte de onde se retira a água com condições sanitárias adequadas e vazão suficiente para atender a comunidade a ser servida.

O manancial de água deve ser preservado para garantir a qualidade e quantidade da água servida ao consumidor final, visto que se a água apresentar boa qualidade, o tratamento poderá ser simplificado.

Figura 16 – Manancial do Sistema do Rio Manso – Fonte: COPASA (2000)

- *Captação*

Conjunto de equipamentos e instalações utilizados para a tomada de água do manancial com a finalidade de introduzí-la no sistema de abastecimento. O tipo de captação varia de acordo com o manancial e com o equipamento empregado.

Figura 17 – Captação do Sistema do Rio Manso – Fonte: COPASA (2000)

- *Adução*

Chama-se adutora o conjunto de tubulações destinadas a transportar a água bruta entre a captação e a Estação de Tratamento de Água (ETA).

Figura 18 – Adutora do Sistema Nova Lima – Fonte: COPASA (2000)

- *Mistura Rápida*

Nesta etapa do tratamento, também chamada de coagulação química da água, são adicionados à água bruta, produtos químicos coagulantes (sulfato de alumínio ou cloreto férrico). Ao se adicionar esses produtos, formam-se precipitados de Hidróxido Metálico (de alumínio ou de ferro) que provocam a desestabilização das impurezas presentes na água, o que permitirá numa etapa posterior a formação de pequenos flocos que incorporam a maior parte destas impurezas.

Esta etapa se reveste de grande importância para o restante do tratamento, visto que ela interfere no desempenho das etapas subseqüentes (floculação, decantação e filtração).

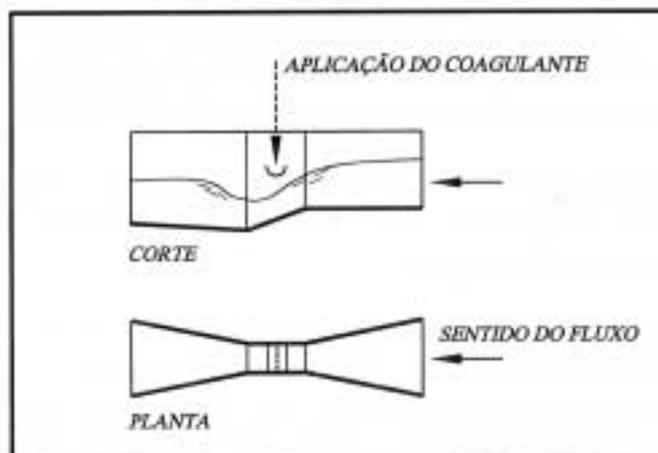



Figura 19 – Unidade de Mistura Rápida tipo Calha Parshall – Fonte: Campos et al (2001)

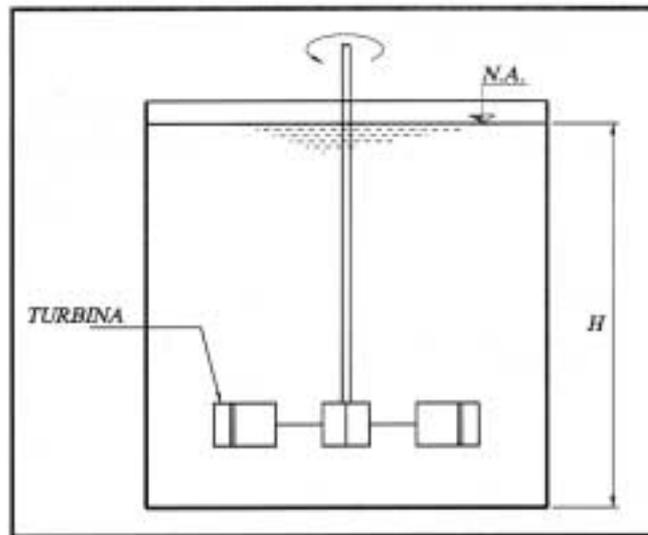



Figura 20 – Corte esquemático de unidade de mistura rápida com agitador tipo turbina e forma quadrada (em planta) – Fonte: Campos et al (2001)

- *Floculação*

Encerrada a etapa anterior de coagulação química, a água é encaminhada às unidades de floculação onde ocorre a formação de agregados (flocos) gerados pela colisão entre as partículas menores formadas na etapa anterior.

Para a promoção das colisões entre as partículas em suspensão pode-se utilizar agitadores mecânicos (turbinas ou palhetas) ou agitação hidráulica. Entretanto, ressalta-se que a agitação requerida nesta etapa é menor que a etapa de mistura rápida, pois à medida que os flocos crescem de tamanho, os mesmos apresentam-se mais susceptíveis de serem "destruídos ou quebrados" caso haja uma agitação mais intensa.

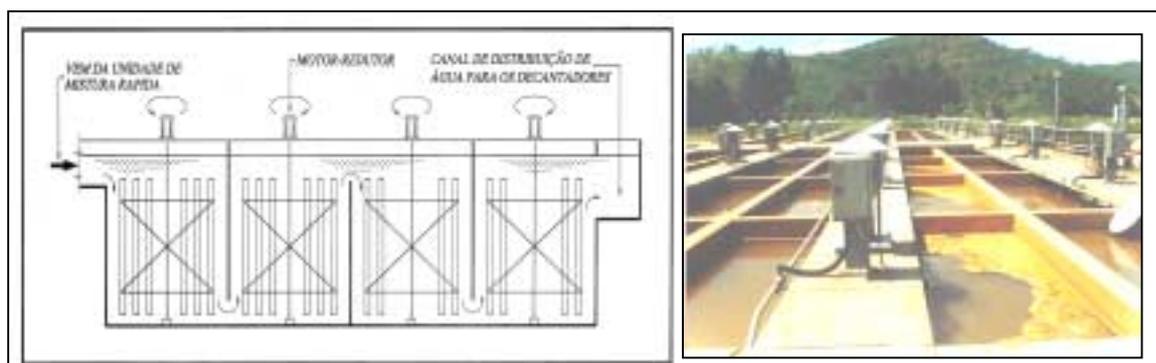



Figura 21 – Corte esquemático e Imagem de unidade de floculação com agitadores Fonte: Campos et al (2001) e COPASA (2000)

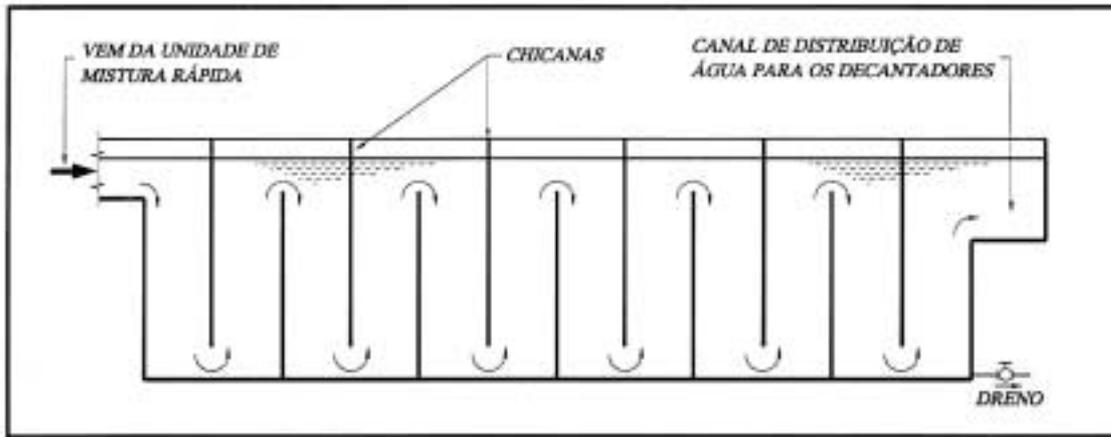



Figura 22 – Corte esquemático de um floculador hidráulico com chicanas e escoamento vertical – Fonte: Campos et al (2001)

- *Decantação*

A próxima etapa do tratamento chama-se decantação. Após a floculação, a água é encaminhada para os decantadores. Nestas unidades, o escoamento da água se dá de forma tranqüila o suficiente para promover a sedimentação dos flocos que se encontram em suspensão.

Levando-se em conta que a velocidade de sedimentação dos flocos é diretamente proporcional ao quadrado do valor do diâmetro médio dos mesmos, verifica-se de suma importância que o direcionamento da água dos floculadores até a entrada dos decantadores seja realizada de maneira tal a evitar a desagregação dos flocos.

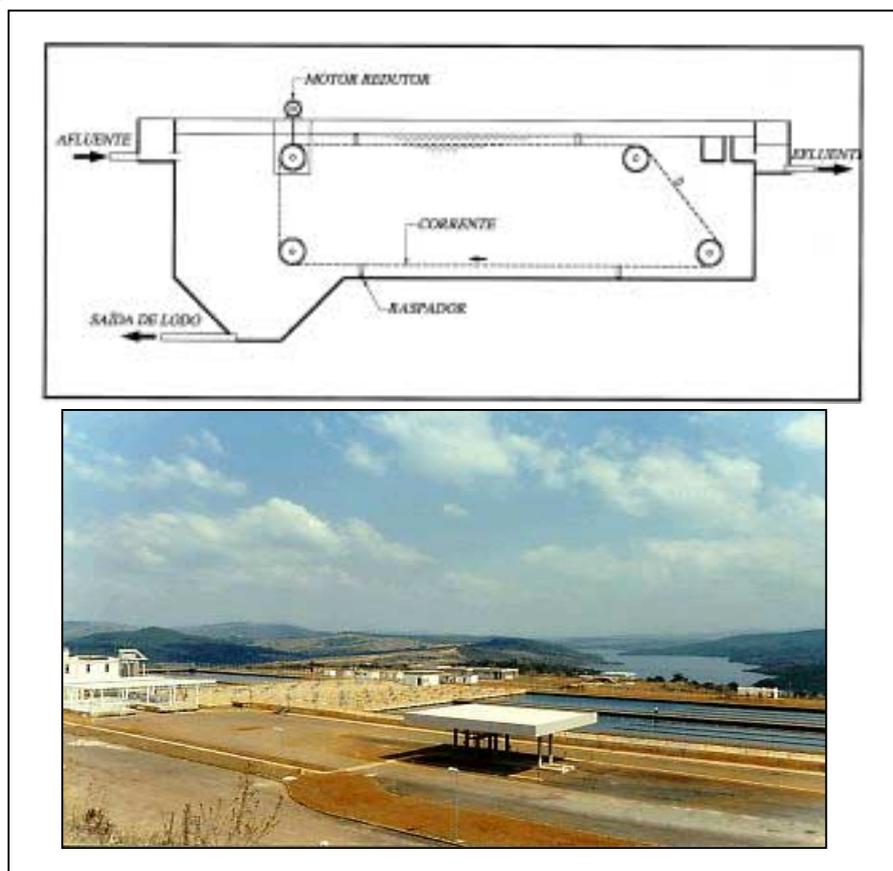



Figura 23 - Imagem e esquema ilustrativo de um decantador convencional retangular Fonte: Campos et al (2001) e COPASA (2000)

o *Filtração*

A filtração se apresenta como última etapa da clarificação das águas em um sistema de tratamento convencional. Nesta unidades são retidas a maior parte das impurezas dissolvidas e em suspensão que não foram removidas nas etapas anteriores.

No sistema convencional, a filtração é denominada filtração rápida por gravidade com escoamento descendente. Nesta modalidade de filtro, a água decantada é direcionada para a parte superior do mesmo, onde sob ação da gravidade, percola através do leito filtrante até atingir o sistema de drenagem situado no fundo do filtro.

A partir daí, a água filtrada encaminha-se às unidades de desinfecção e condicionamento final, sendo, em seguida, direcionada aos reservatórios de distribuição.

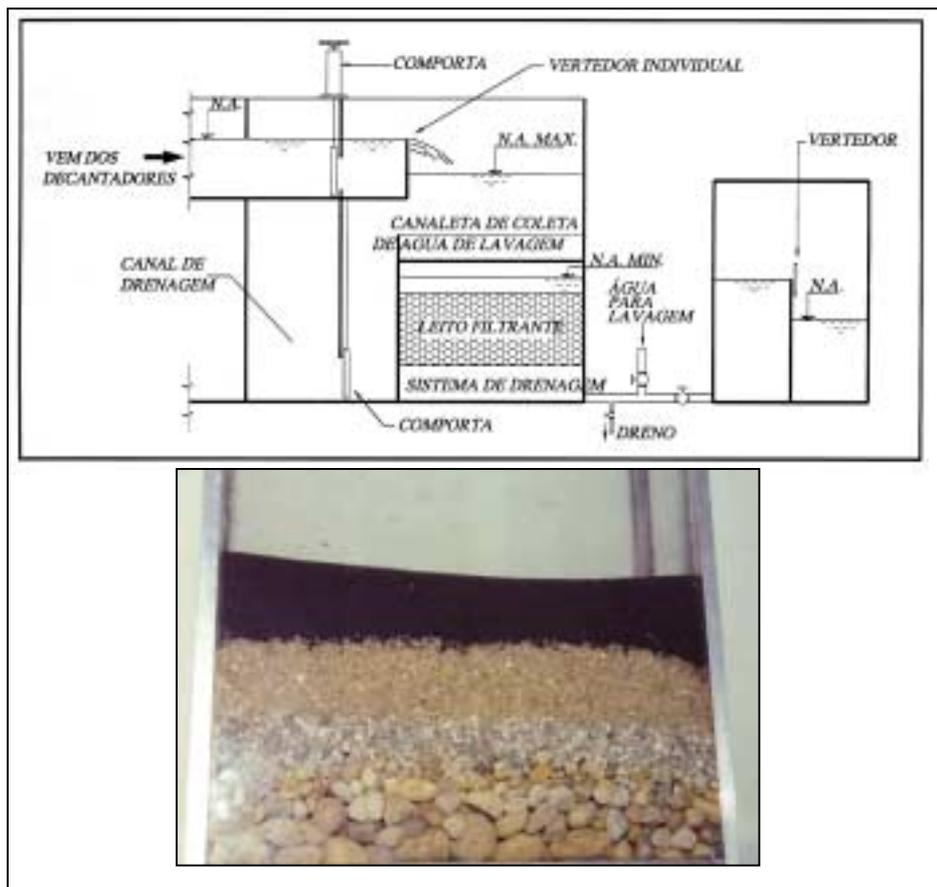



Figura 24 – Esquema ilustrativo e detalhe de um filtro – Fonte: COPASA (2000) e Campos et al (2001)

o *Desinfecção*

Após ser submetida aos processos anteriores que visam a clarificação da água, torna-se necessário a desinfecção da mesma para eliminação final de microorganismos (patogênicos) capazes de transmitir doenças.

Comumente, a desinfecção no Brasil é feita através da cloração da água. A cloração emprega cloro gasoso, hipoclorito de sódio ou hipoclorito de cálcio. O cloro é um desinfetante eficiente e possui um baixo custo operacional.

Entretanto, segundo Campos et al (2001), nos últimos anos, o uso do cloro foi questionado quando se observou a formação de trihalometanos,

haloacetonitrilas, entre outros, em águas de abastecimento cloradas. Os trihalometanos são potencialmente cancerígenos e as haloacetonitrilas podem ter ação mutagênica e podem induzir o desenvolvimento de tumores.

Cabe ressaltar que antes de se decidir da eliminação da cloração ou de sua substituição, torna-se necessário avaliar ponderadamente a relação benefício-prejuízo. Os males causados pelos subprodutos da cloração podem ser menos prejudiciais à saúde do que as doenças de veiculação hídrica a que as populações estariam sujeitas em caso de não haver nenhum tipo de desinfecção.

A Portaria nº 1.469 de 29/12/00 do Ministério da Saúde determina que para águas destinadas ao consumo humano é necessário manter um residual desinfetante com concentração mínima de 0,2 mg/l em qualquer ponto da rede de distribuição.

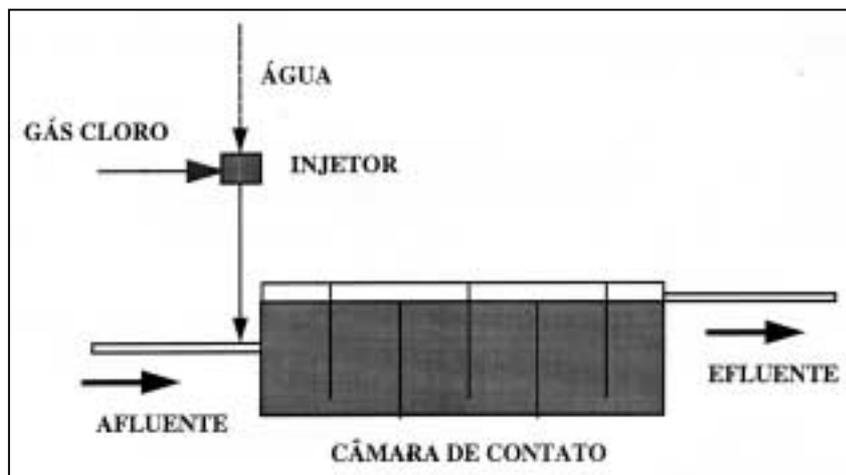



Figura 25 – Esquema de desinfecção com cloro gasoso – Fonte: Campos et al (2001)

Outro processo utilizado para desinfecção é o uso do ozônio. Segundo Campos et al (2001), o uso do ozônio remonta ao ano de 1886 quando foram realizados na França os primeiros experimentos empregando ozônio.

O interesse na utilização do ozônio parte da necessidade de eliminar a potencialidade de formação de trihalometanos e outros compostos organoclorados, formados quando a desinfecção da água é feita por cloração e quando há matéria orgânica presente na água (como exemplo, substâncias húmicas.).

Quando se adiciona ozônio na água, este é rapidamente convertido em oxigênio. Sendo um gás instável, o processo de produção de ozônio se dá por descarga elétrica em processo que emprega gás seco, oxigênio ou ar.

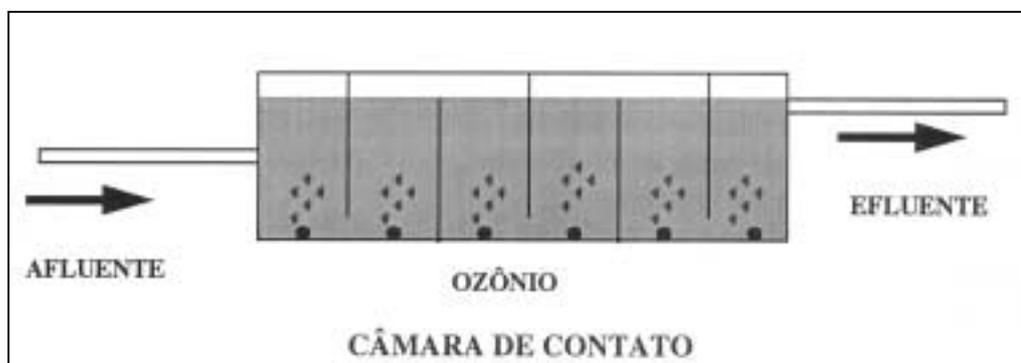



Figura 26 – Esquema de desinfecção por ozônio – Fonte Campos et al (2001)

Por fim, há o processo de desinfecção por radiação ultravioleta onde através da exposição à radiação ultravioleta gerada, através de refletores de

alumínio, por lâmpadas de baixa pressão de vapor de mercúrio acontece a desinfecção.

O processo por radiação ultravioleta não gera riscos à saúde humana, visto que a radiação atua principalmente nos ácidos nucléicos (ADN), promovendo reações fotoquímicas que impedem a duplicação dos microorganismos.

Cabe ressaltar a importância de não exposição aos raios ultravioleta, pois os mesmos são cancerígenos (pele) e causam lesões nos olhos (cegueira).

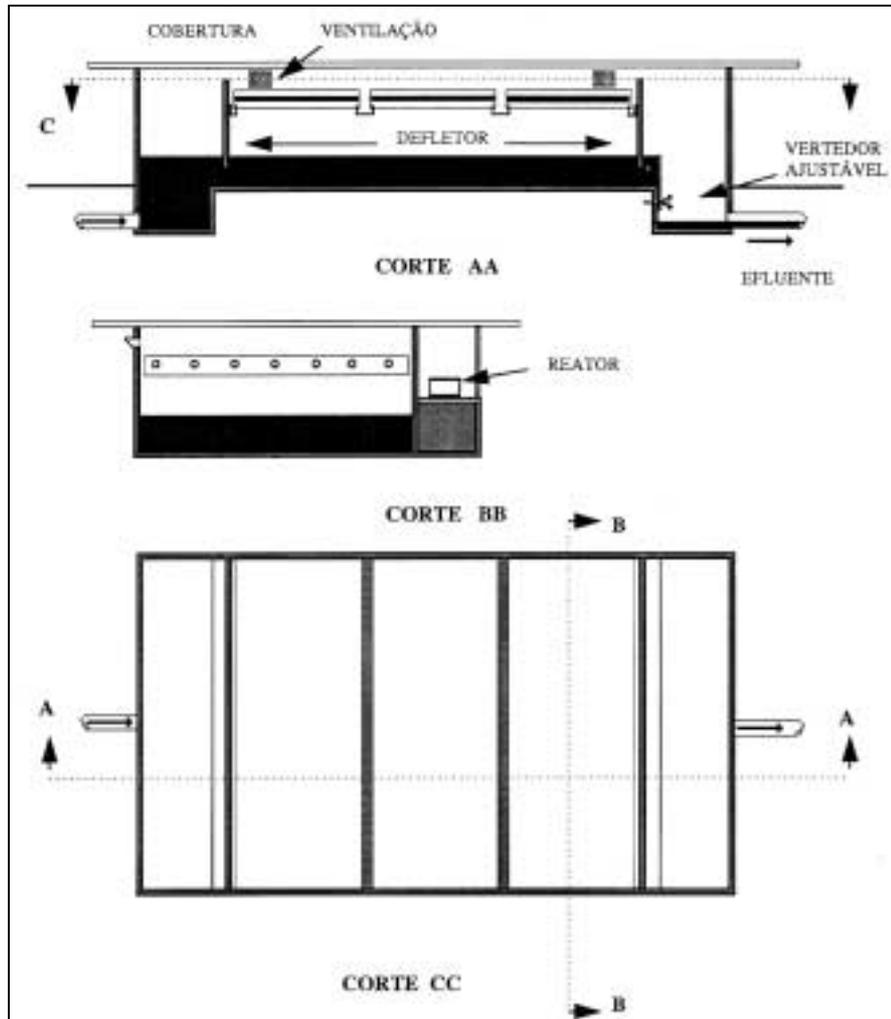



Figura 27 – Esquema de desinfecção com radiação ultravioleta – Fonte: Campos et al (2001)

Após a desinfecção, faz-se necessário o condicionamento químico da água através da adição de álcali apropriado e/ou adição de outros condicionadores para a inibição da corrosão e formação de incrustações nas canalizações da rede de distribuição.

Além disso, a água recebe uma fluoretação para auxiliar na prevenção das cáries dentárias.

- **Sistema de Tratamento de Água por Filtração Direta**

Quando a água de um manancial for de boa qualidade e sem apresentar variações significativas ao longo das estações do ano, torna-se viável a adoção de sistemas simplificados de tratamento de água por filtração direta após a coagulação da mesma.

Segundo Campos et al (2001), uma modalidade interessante deste processo é a filtração direta ascendente, onde a água bruta, após a coagulação química, é direcionada para os filtros. Neste tipo de filtro, o escoamento ocorre no sentido ascendente (inverso dos convencionais – altura de 1,80m). Assim, a água coagulada passa primeiro pelo fundo do filtro (grãos maiores) onde ocorre a floculação e retenção de partículas maiores. Em seguida, durante a passagem da água por regiões sucessivas do leito com granulometria descendente, ocorre a filtração que resulta em uma capacidade muito grande de retenção de impurezas ao longo de toda a espessura da camada filtrante.

Pode-se fazer também a filtração direta descendente, na qual, dependendo da qualidade da água, pode-se ter ou não a necessidade de previsão de uma unidade de pré-floculação da água, após a unidade de mistura rápida.

- **Sistema de Tratamento de Água por Filtração Lenta**

A filtração lenta apresenta-se como um processo de tratamento de água que necessita da coagulação química, utilizando-se da atividade biológica dos microorganismos que se formam na parte superior da camada de areia dos filtros, onde ocorre a retenção da maior parte de impurezas da água no processo de tratamento.

Para que esta modalidade de tratamento seja eficiente torna-se necessário que a água bruta apresente boa qualidade com baixos valores de cor e turbidez. No Brasil, este processo é geralmente aplicado em sistemas de abastecimento de pequenas comunidades.

- **Sistema de Tratamento de Água com uso de Flotação por Ar Dissolvido**

Este sistema de tratamento possui unidades de flotação por ar dissolvido (FAD) em substituição dos decantadores. As unidades de flotação possuem a mesma função dos decantadores, ou seja, a separação da fase sólida (flocos) da fase líquida, sendo que na flotação, devido a presença de grande quantidade de microbolhas de ar misturadas ao líquido, observa-se um efeito adicional de “carreamento” pelas bolhas de ar (“air stripping”) de substâncias voláteis que porventura estejam presentes na água em tratamento, além de promoverem também certo grau de oxidação de metais que estejam presentes (em solução) na água.

Este sistema possui a vantagem, em relação à decantação, de requerer menos áreas para implantação, menores dosagens de coagulante, unidades de floculação menores e com menor número de compartimentos, e dependendo da qualidade da água bruta, apresenta eficiência mais elevada de clarificação.

Apresenta como desvantagens o fato da unidade de flotação ser coberta, requerer equipamentos adicionais para geração de microbolhas e maior atenção dos operadores tendo em vista o sistema de geração de microbolhas.

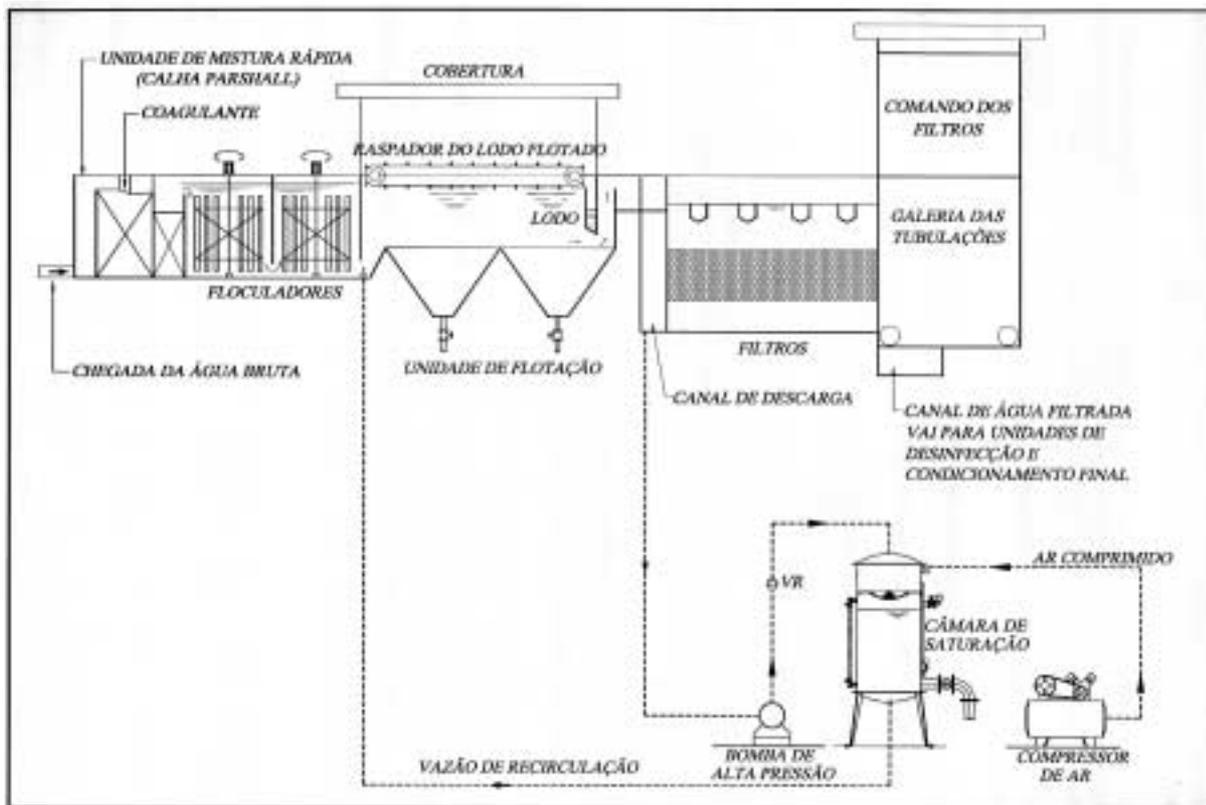



Figura 28 – Sistema de Tratamento de água utilizando flotação por ar dissolvido
Fonte: Campos et al (2001).

10 – Tratamento de Esgotos Sanitários

Para o estudo dos sistemas de tratamento de esgotos domésticos mostra-se necessário caracterizar com clareza os seguintes aspectos:

- objetivos do tratamento;
- nível do tratamento
- estudos de impacto ambiental no corpo receptor.

Para que o tratamento seja eficiente e atenda às necessidades exigidas, deve-se ter em mente os objetivos que se almeja alcançar no mesmo. Em uma mesma comunidade, as águas residuárias podem ser de origem residencial (esgotos domésticos) e industrial (esgotos industriais), sendo, portanto, essencial alcançar-se os seguintes objetivos:

- *Esgotos domésticos*: remoção da matéria orgânica, dos sólidos em suspensão e de organismos patogênicos, além da necessidade de remoção, em alguns casos, de nutrientes (nitrogênio e fósforo);
- *Esgotos industriais ou mistura de esgotos industriais e domésticos*: remoção de matéria orgânica, dos sólidos em suspensão, de nitrogênio e fósforo, de compostos tóxicos e compostos não biodegradáveis.

A qualidade dos esgotos tratados deve atender à legislação ambiental vigente. Os padrões de qualidade dos corpos receptores (Resolução CONAMA nº 20) e a Deliberação Normativa COPAM 010/86 (Minas Gerais) são a expressão desta qualidade. Ambas as legislações citadas acima apresentam padrões para o

lançamento de efluentes em corpos d'água, sendo que ambos estão de certa forma interrelacionados. O que se objetiva com os padrões é garantir a qualidade do corpo d'água. Esse interrelacionamento se dá no sentido de que um efluente, além de atender os padrões de lançamento, deve propiciar condições tais no corpo receptor que a qualidade do mesmo se enquadre nos padrões para corpos receptores.

No Quadro 3, apresenta-se os padrões de qualidade associados às diversas classes dos corpos d'água juntamente com os padrões de lançamento.

Quadro 3 – Principais padrões de qualidade para os corpos d'água das diversas classses (água doce) e padrão de lançamento (Resolução CONAMA nº 20 de 18/06/86)
Fonte: Barrros et al (1995)

Parâmetro	Unidade	Padrão para Corpo D'água Classe				Padrão de Lançamento
		1	2	3	4	
Cor	uH	30	75	75	-	-
Turbidez	uT	40	100	100	-	-
Sabor e odor	-	VA	VA	VA	-	-
Temperatura	^oC	-	-	-	-	< 40
Material Flutuante	-	VA	VA	VA	VA (1)	ausente
Óleos e Graxas	-	VA	VA	VA	-	(2)
Corantes artificiais	-	VA	VA	VA	-	-
Sólidos Dissolvidos	mg/l	500	500	500	-	-
Cloretos	mg/l	250	250	250	-	-
PH	-	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	5 a 9
DBO_5	mg/l	3	5 (3)	10 (3)	-	60 (4) (5)
DQO	mg/l	-	-	-	-	90 (5)
OD	mg/l	6	5	4	2	-
Sólidos em suspensão	mg/l	-	-	-	-	100 (5)
Amônia	mg/l	0,02 (6)	0,02 (6)	-	-	5,0 (6)
Subst. Potencialmente prejudiciais	-	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)
Coliformes totais	org/100ml	1.000	5.000	20.000	-	-
Coliformes fecais	org/100ml	200	1.000	4.000	-	-
Regime de lançamento	-	-	-	-	-	(8)

- Na classe especial não são permitidos lançamentos de qualquer natureza, mesmo tratados.
- Em princípio, um efluente deve atender tanto ao padrão de lançamento quanto ao padrão de qualidade do corpo receptor (segundo sua classe). O padrão de lançamento pode ser excedido caso os padrões de qualidade do corpo receptor sejam resguardados, desde que autorizado pelo órgão ambiental estadual, e demonstrado por estudos de impacto ambiental, fixados o tipo de tratamento e as condições para o lançamento.
- VA: virtualmente ausente.

(1) Toleram-se os efeitos iridescentes (que dão as cores do arco-íris).
(2) Minerais: 20 mg/l; vegetais e gorduras animais: 50 mg/l.
(3) Pode ser ultrapassado caso estudos de autodepuração indiquem que o OD deverá estar dentro dos padrões, nas condições críticas de vazão (média das mínimas de 7 dias consecutivos em 10 anos de recorrência).
(4) Pode ser ultrapassado caso a eficiência do tratamento seja superior a 85%.
(5) Deliberação Normativa COPAM nº 010/86 (Minas Gerais).
(6) Amônia: padrão do corpo receptor: amônia ionizada (NH_3); padrão de lançamento: amônia total.
(7) Várias substâncias: consultar Resolução CONAMA nº 20.
(8) Regime de lançamento: a vazão máxima deverá ser no máximo 1,5 vezes a vazão média do período de atividade do agente poluidor.

O grau de remoção dos poluentes para se alcançar a qualidade desejada ou o padrão de qualidade vigente na legislação ambiental no tratamento está associado aos níveis de tratamento e à eficiência do tratamento.

Os níveis de tratamento dos esgotos domésticos são:

- preliminar;
- primário;
- secundário;
- terciário (eventual).

No Quadro 4, apresenta-se as características dos níveis de tratamento dos esgotos.

O tratamento preliminar tem por objetivo a remoção de sólidos grosseiros. Passando a frente, o tratamento primário objetiva a remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica, predominando em ambos (preliminar e primário) os mecanismos de remoção física de poluentes.

No tratamento secundário, onde a predominância é de mecanismos biológicos, objetiva-se, principalmente, a remoção da matéria orgânica e, eventualmente, a remoção de nutrientes.

No tratamento terciário, raro no Brasil, objetiva-se a remoção de poluentes específicos (tóxicos e não biodegradáveis) ou a remoção complementar de poluentes não removidos suficientemente no tratamento secundário.

Quadro 4 – Características dos níveis de tratamento dos esgotos – Fonte: Barros et al (1995)

Item	Nível (1)		
	Preliminar	Primário	Secundário
Poluentes removidos	Sólidos grosseiros	Sólidos sedimentáveis Matéria orgânica sedimentável	Sólidos não sedimentáveis Matéria Orgânica não sedimentável Eventualmente nutrientes
Eficiência de remoção	-	Sólidos em suspensão: 60-70% Matéria Orgânica: 30-40% Patogênicos: 30-40%	Matéria Orgânica: 60-90% Patogênicos: 60 a 99% (3)
Tipo de tratamento predominante	Físico	Físico	Biológico
Cumpre o padrão de lançamento? (2)	Não	Não	Usualmente sim
Aplicação	Montante de elevatória Etapa inicial de tratamento	Tratamento parcial Etapa intermediária de tratamento mais completo	Tratamento mais completo (para matéria orgânica)

(1) Uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) a nível secundário tem tratamento preliminar, mas pode ou não ter tratamento primário (depende do processo);
(2) Padrão de lançamento tal como expresso na legislação vigente. O órgão ambiental estadual poderá autorizar outros valores para o lançamento, caso estudos ambientais demonstrem que o corpo receptor continuará enquadrado dentro de sua classe;
(3) A eficiência de remoção dos patogênicos poderá ser superior, caso haja alguma etapa de remoção específica.

No Quadro 5, apresenta-se os principais mecanismos de remoção de poluentes.

Quadro 5 – Principais mecanismos de remoção de poluentes no tratamento de esgotos
Fonte: Barros et al (1995)

Poluente	Dimensões	Principais mecanismos de remoção	
Sólidos	Maiores dimensões (> ~1cm)	Gradeamento	Retenção de sólidos com dimensões superiores ao espaçamento entre barras
	Dimensões intermediárias (>~0,001 mm)	Sedimentação	Separação de partículas com densidade superior à do esgoto
	Dimensões diminutas (< ~0,001mm)	Adsorção	Retenção na superfície de aglomerados de bactérias ou biomassa
Matéria Orgânica	Dimensões superiores a 0,001mm	Sedimentação	Separação de partículas com densidade superior à do esgoto
		Adsorção	Retenção na superfície de aglomerados de bactérias ou biomassa
		Estabilização	Utilização pelas bactérias como alimento, com conversão a gases, água e outros compostos inertes.
	Dimensões inferiores a ~0,001mm	Adsorção	Retenção na superfície de aglomerados de bactérias ou biomassa
		Estabilização	Utilização pelas bactérias como alimento, com conversão a gases, água e outros compostos inertes.
Organismos transmissores de doenças		Radiação ultravioleta	Radiação do sol ou artificial
		Condições ambientais adversas	Temperatura, pH, falta de alimento, competição com outras espécies
		Desinfecção	Adição de algum agente desinfetante (p.ex. cloro)

- **Tratamento Preliminar**

O tratamento preliminar destina-se à remoção de sólidos em suspensão grosseiros (materiais de maiores dimensões e areia), com a utilização de mecanismos físicos.

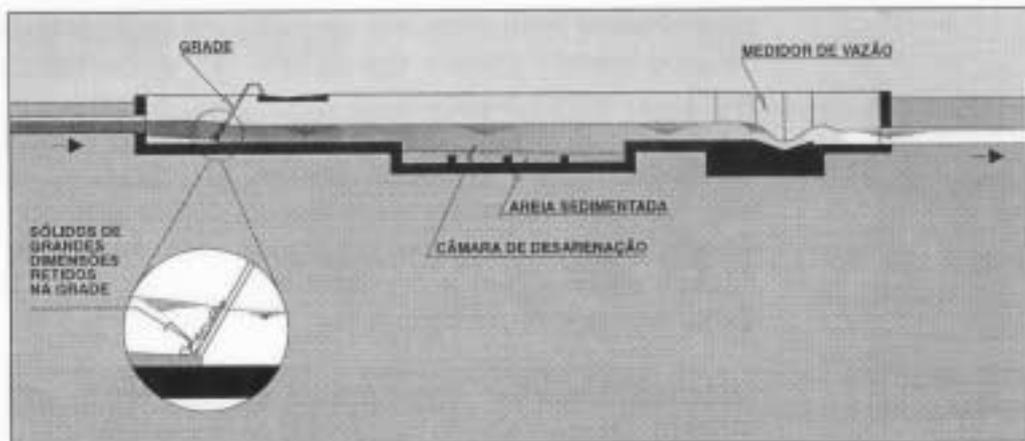



Figura 29 – Esquema típico de tratamento preliminar em uma ETE – Fonte: Barros et al (1995)

Objetiva-se com a remoção dos sólidos grosseiros: a proteção das unidades de tratamento subseqüentes, proteção de dispositivos de transporte dos esgotos (bombas e tubulações) e a proteção dos corpos receptores.

No caso da remoção de areia, objetiva-se evitar a abrasão nos equipamentos e tubulações, reduzir ou eliminar a possibilidade de obstrução nas tubulações e unidades subseqüentes, e facilitar o transporte do líquido.

- **Tratamento Primário**

O tratamento primário tem por objetivo a remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes com a utilização de mecanismos físicos.

Após passarem pelo tratamento preliminar, os esgotos ainda apresentam alguns sólidos em suspensão não grosseiros, os quais podem ser removidos em boa parte nas unidades de sedimentação. Com a remoção de boa parcela dos sólidos em suspensão, remove-se também parte da matéria orgânica.

Os esgotos passam lentamente através dos decantadores permitindo que os sólidos em suspensão (densidade maior que do líquido), sedimentem no fundo. A essa massa de sólidos dá-se o nome de *lodo primário bruto*. Já os materiais flutuantes, como óleos e graxas, tendo menor densidade, flutuam e são removidos na superfície. Os decantadores podem ser circulares ou retangulares

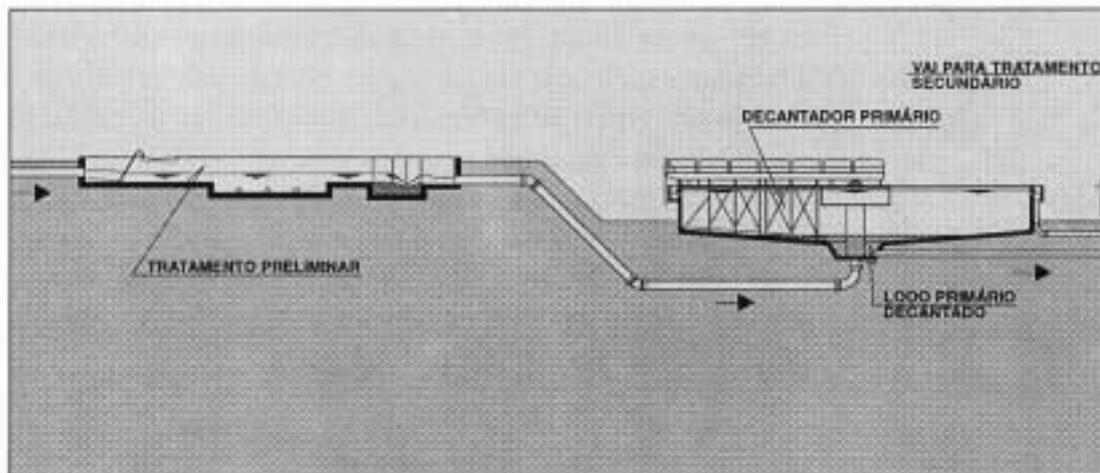



Figura 30 - Esquema típico de tratamento primário em uma ETE – Fonte: Barros et al (1995)

- **Tratamento Secundário**

Utiliza-se o tratamento secundário para remover matéria orgânica em suspensão fina (DBO suspensa ou particulada - remanescente do tratamento primário) e matéria orgânica na forma de sólidos dissolvidos (DBO solúvel – não removida no tratamento primário).

No tratamento secundário, utilizam-se unidades de remoção biológica de poluentes. Analisando-se sua eficiência, o tratamento biológico é o único capaz de atender a legislação de maneira satisfatória.

O tratamento biológico busca reproduzir os fenômenos naturais de decomposição e estabilização da matéria orgânica que ocorrem no corpo receptor. O diferencial é que o processo torna-se mais rápido (ocupando menos espaço) e ocorre em condições ambientais favoráveis dentro da ETE.

O tratamento secundário, geralmente, pode incluir unidades de tratamento preliminar, mas pode ou não incluir unidades de tratamento primário.

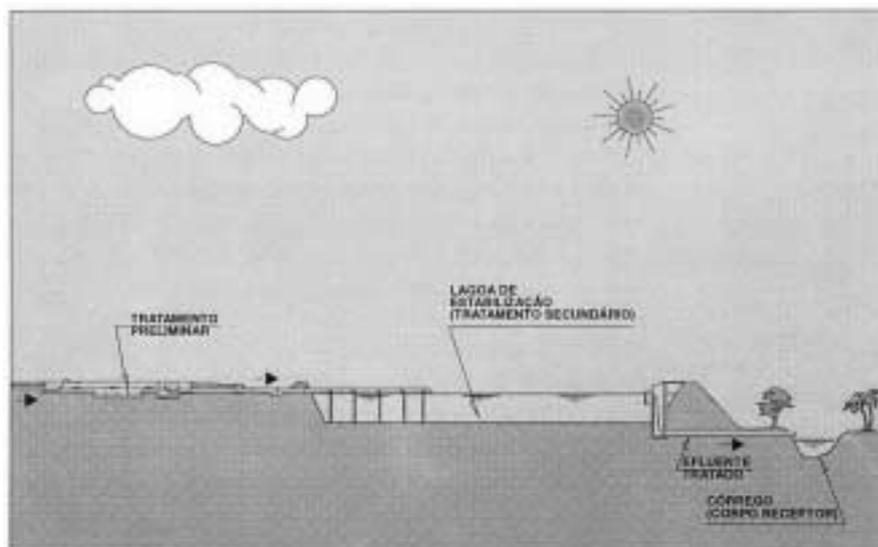



Figura 31 – Fluxograma de um sistema de tratamento a nível secundário, sem unidades de tratamento primário – Fonte: Barros et al (1995)

No quadro 6 a seguir, apresenta-se um resumo dos principais sistemas de tratamento de esgotos domésticos a nível secundário utilizados no Brasil.

Quadro 6 – descrição sucinta dos principais sistemas de tratamento de esgotos a nível secundário – Fonte: adaptado de Von Sperling (1995)

Lagoas de Estabilização	
Lagoa facultativa	A DBO solúvel e finamente particulada é estabilizada aerobicamente por bactéria dispersas no meio líquido, ao passo que a DBO suspensa tende a sedimentar, sendo estabilizada anaerobicamente por bactérias no fundo da lagoa. O oxigênio requerido pelas bactérias aeróbias é fornecido pelas algas, através da fotossíntese.
Lagoa anaeróbia-lagoa facultativa	A DBO é em torno de 50% estabilizada na lagoa anaeróbia (mais profunda e com menor volume), enquanto a DBO remanescente é removida na lagoa facultativa. O sistema ocupa uma área inferior ao de uma lagoa facultativa única.
Lagoa aerada facultativa	Os mecanismos de remoção da DBO são similares aos e uma lagoa facultativa. No entanto, o oxigênio é fornecido por aeradores mecânicos, ao invés de através da fotossíntese. Como a lagoa é também facultativa, uma grande parte dos sólidos do esgoto e da biomassa sedimenta, sendo decomposta anaerobicamente no fundo.
Lagoa aerada de mistura completa – lagoa de decantação	A energia introduzida por unidade de volume da lagoa é elevada, o que faz com que os sólidos (principalmente a biomassa) permaneçam dispersos no meio líquido, ou em mistura completa. A decorrente maior concentração de bactérias no meio líquido aumenta a eficiência do sistema na remoção da DBO, o que permite que a lagoa tenha um volume inferior ao de uma lagoa aerada facultativa. No entanto, o efluente contém elevados teores de sólidos (bactérias), que necessitam ser removidos antes do lançamento no corpo receptor. O lodo da lagoa de decantação deve ser removido em períodos de poucos anos.
Lodos Ativados	
Lodos ativados convencional	A concentração de biomassa no reator é bastante elevada, devido à recirculação dos sólidos (bactérias) sedimentados no fundo do decantador secundário. A biomassa permanece mais tempo no sistema do que o líquido, o que garante uma elevada eficiência na remoção da DBO. Há a necessidade da remoção de uma grande quantidade de lodo (bactérias) equivalente à que é produzida. Este lodo removido necessita de uma estabilização na etapa de tratamento do lodo. O fornecimento de oxigênio é feito por aeradores mecânicos ou por ar difuso. A montante do reator há uma unidade de decantação primária, de forma a remover os sólidos sedimentáveis do esgoto bruto.
Lodos ativados por aeração prolongada	Similar ao sistema anterior, com a diferença de que a biomassa permanece mais tempo no sistema (os tanques de aeração são maiores). Com isto, há menos DBO disponível para as bactérias, o que faz com que elas utilizem a matéria orgânica do próprio material celular para sua manutenção. Em decorrência, o lodo excedente retirado (bactérias) já sai estabilizado. Não se incluem usualmente unidades de decantação primária.
Lodos ativados de fluxo intermitente	A operação do sistema é intermitente. Assim, no mesmo tanque ocorrem, em fases diferentes, as etapas de reação (aeradores ligados) e sedimentação (aeradores desligados). Quando os aeradores estão desligados, os sólidos sedimentam, ocasião em que se retira o efluente (sobrenadante). Ao se religar os aeradores, os sólidos sedimentados retornam à massa líquida, o que dispensa as elevatórias de recirculação. Não há decantadores secundários. Pode ser na modalidade convencional ou aeração prolongada.

Quadro 6 – descrição sucinta dos principais sistemas de tratamento de esgotos a nível secundário – Fonte: adaptado de Von Sperling (1995) - continuação

Sistemas anaeróbios	
Reator anaeróbio de manta de lodo	A DBO é estabilizada anaerobicamente por bactérias dispersas no reator. O fluxo do líquido é ascendente. A parte superior do reator é dividida nas zonas de sedimentação e de coleta de gases. A zona de sedimentação permite a saída do efluente clarificado e o retorno dos sólidos (biomassa) ao sistema, aumentando a sua concentração no reator. Entre os gases formados inclui-se o metano. O sistema dispensa decantação primária. A produção de lodo é baixa, e o mesmo já sai estabilizado.
Filtro anaeróbio	A DBO é estabilizada anaerobicamente por bactérias aderidas a um meio suporte (usualmente pedras) no reator. O tanque trabalha submerso, e o fluxo é ascendente. O sistema requer decantação primária (freqüentemente fossas sépticas). A produção de lodo é baixa, e o mesmo já sai estabilizado.
Disposição no solo	
Infiltração lenta	Os esgotos são aplicados ao solo, fornecendo água e nutrientes necessários para o crescimento das plantas. Parte do líquido é evaporada, parte percola no solo, e a maior parte é absorvida pelas plantas. As taxas de aplicação no terreno são bem baixas. O líquido pode ser aplicado segundo os métodos da aspersão, do alagamento, entre outros.
Infiltração rápida	Os esgotos são dispostos em bacias rasas. O líquido passa pelo fundo poroso e percola pelo solo. A perda por evaporação é menor, face às maiores taxas de aplicação. A aplicação é intermitente, proporcionando um período de descanso para o solo. Os tipos mais comuns são: percolação para a água subterrânea, recuperação por drenagem superficial e recuperação por poços freáticos.
Infiltração sub-superficial	O esgoto pré-decantado é aplicado abaixo do nível do solo. Os locais de infiltração são preenchidos com um meio poroso, no qual ocorre o tratamento. Os tipos mais comuns são valas de infiltração e sumidouros.
Escoamento superficial	Os esgotos são distribuídos na parte superior de terrenos com uma certa declividade, através do qual escoam, até serem coletados por valas na parte inferior. A aplicação é intermitente. Os tipos de aplicação são: aspersores de alta pressão, aspersores de baixa pressão e tubulações ou canais de distribuição com aberturas intervaladas.

Nas figuras a seguir, apresenta-se cada sistema de tratamento de esgotos a nível secundário.

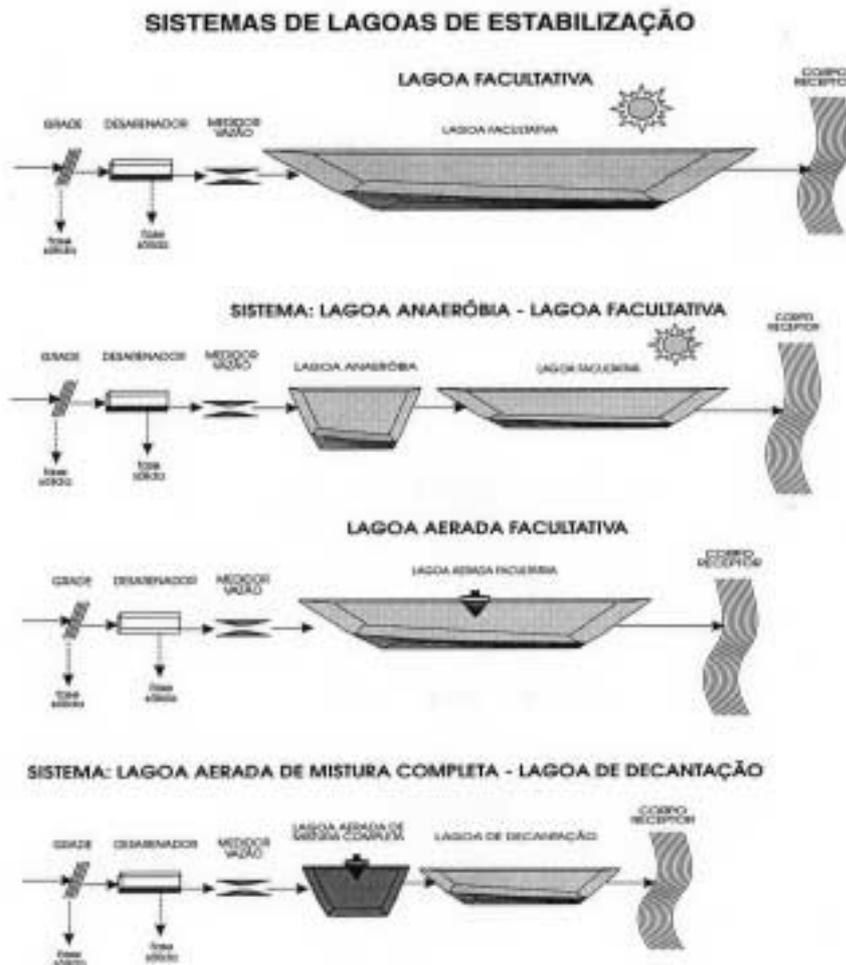



Figura 32 – Sistemas de Lagoas de Estabilização – Fonte: Von Sperling (1995)

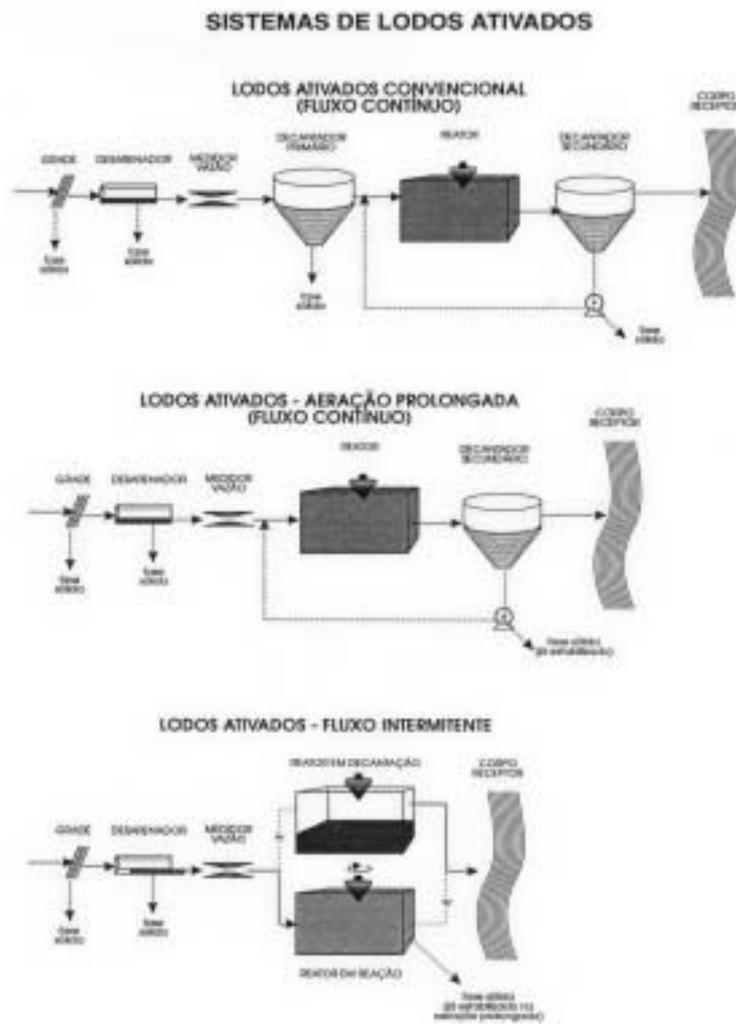
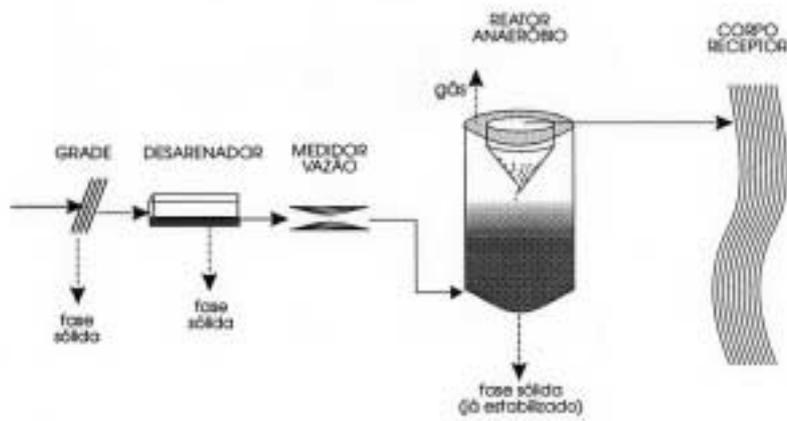



Figura 33 – Sistemas de Lodos Ativados – Fonte: Von Sperling (1995)

SISTEMAS ANAERÓBIOS

REATOR ANAERÓBIO DE MANTA DE LODO

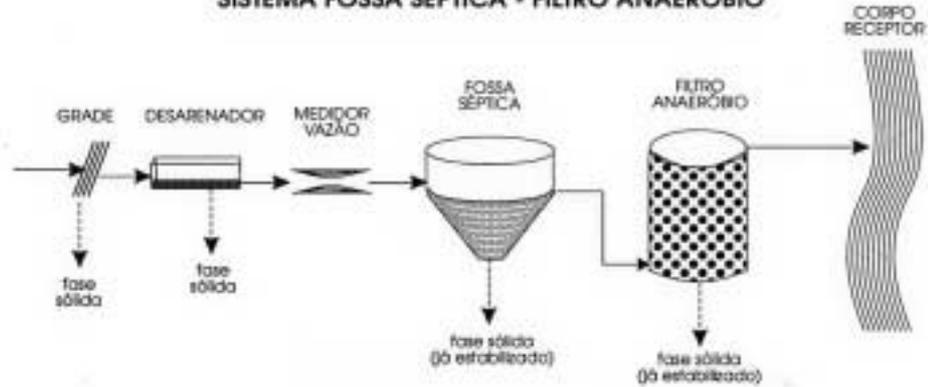



Figura 34 – Sistemas Anaeróbios – Fonte: Von Sperling (1995)

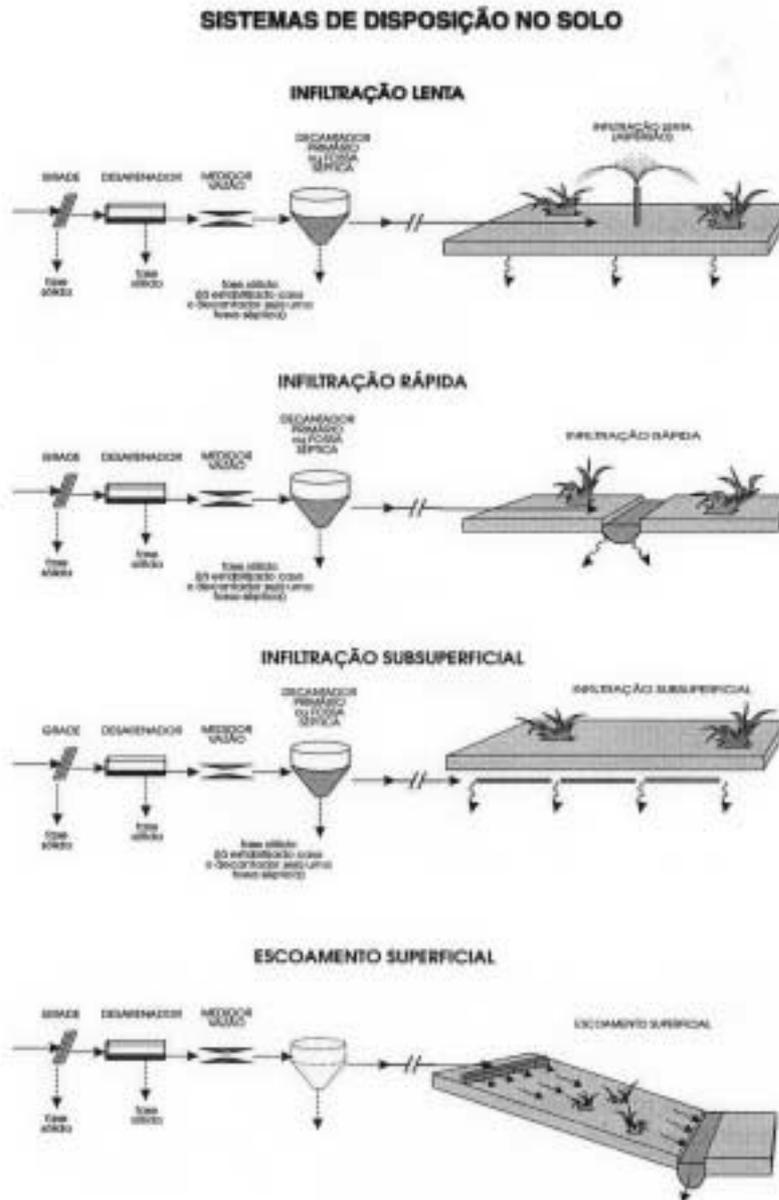



Figura 35 – Sistemas de disposição no solo – Fonte: Von Sperling (1995)

O tratamento dos sub-produtos sólidos gerados nas diversas unidades de tratamento é uma etapa de grande importância no tratamento de esgotos. Apesar do lodo ser constituído por mais de 95% de água, convenciona-se chamá-lo de fase sólida para diferenciar do fluxo do líquido sendo tratado.

De forma geral, os sub-produtos sólidos gerados no tratamento são:

- areia;
- escuma;
- material gradeado;
- lodo primário;
- lodo secundário.

O sub-produto principal do tratamento em termos de volume e importância é o lodo. Em alguns tratamentos, o lodo já sai estabilizado, requerendo apenas a

sua disposição final. Este é o caso dos sistemas de tratamento anaeróbios, por exemplo.

O tratamento de lodo permite uma série de combinações de operações e processos, sendo as principais etapas:

- Adensamento: remoção de umidade (reduz volume);
- Estabilização: remoção da matéria orgânica (reduz sólidos voláteis);
- Condicionamento: prepara para a desidratação (mecânica);
- Desidratação: remoção umidade (reduz volume)
- Disposição final: destino final dos sub-produtos.

O quadro 7 apresenta o processamento do lodo nos principais sistemas de tratamento de esgotos.

Quadro 7 – Processamento do lodo nos principais sistemas de tratamento de esgotos
Fonte: Von Sperling (1995)

Sistemas de Tratamento	Freqüência de remoção	Processamento usual do Lodo			
		Adensamento	Digestão	Desidratação	Disposição final
Tratamento primário	Variável (a)	x	x	x	x
Lagoa facultativa Lagoa anaeróbia-lagoa facultativa Lagoa aerada facultativa Lagoa aerada mistura completa-lagoa decantação	> 20 anos > 20 anos > 10 anos < 5 anos				
Lodos ativados convencional Lodos ativados (aeração prolongada) Lodos ativados (fluxo intermitente)	~contínua ~contínua ~contínua	x x x	x	x x x	x x x
Reator anaeróbio de manta de lodo Fossa séptica – Filtro anaeróbio	Variável Variável			x x	x x
Infiltração lenta Infiltração rápida Infiltração sub-superficial Escoamento superficial	- - - -				

(a) Remoção algumas vezes por dia em decantadores primários convencionais e uma vez a cada 6-12 meses em fossas sépticas.

Na figura a seguir, apresentam-se algumas alternativas de tratamento e disposição do lodo de estações de tratamento de esgotos.

Figura 36 – Alternativas de tratamento e disposição do lodo – Fonte: Von Sperling (1995)

Nos quadros a seguir, apresentam-se as vantagens e desvantagens dos principais sistemas de tratamento de esgotos.

Quadro 8 – Balanço de principais vantagens e desvantagens dos Sistemas de Lagoas de Estabilização – Fonte: adaptado de Von Sperling (1995)

Sistema	Sistemas de lagoas de estabilização	
	Vantagens	Desvantagens
Lagoa facultativa	- Satisfatória eficiência na remoção de DBO; - Eficiência na remoção de patogênicos; - Reduzidos custos de implantação e operação; - Não requer equipamentos e possui requisitos energéticos nulos; - Remoção de lodo após períodos de 20 anos.	- Elevados requisitos de área; - não satisfaz requisitos de padrões de lançamento bem restritivos; - simplicidade na operação pode trazer descaso na manutenção (vegetação); - possibilidade de crescimento de insetos.
Sistema de lagoa anaeróbia – lagoa facultativa	- Idem lagoas facultativas; - requisitos de áreas inferiores aos das lagoas facultativas únicas.	- Idem lagoas facultativas; - possibilidade de maus odores; - necessidade de afastamento razoável das residências circunvizinhas.
Lagoa aerada facultativa	- construção, operação e manutenção relativamente simples; - requisitos de área inferior sistemas anteriores; - maior dependência das condições climáticas que os sistemas anteriores; - eficiência de remoção de DBO ligeiramente superior às lagoas facultativas; - resistência satisfatória a variações de carga; - reduzidas possibilidade de maus odores.	- Possui equipamentos; - ligeiro aumento no nível de sofisticação; -requisitos de energia relativamente elevados.
Sistema de lagoa aerada de mistura completa – lagoa decantação	- Idem lagoas aeradas facultativas; - Menores requisitos de áreas de todos os sistemas de lagoas.	- Idem lagoas aeradas facultativas (exceção área); - Preenchimento rápido da lagoa de decantação (com o lodo de 2 a 5 anos); - Necessidade de remoção contínua ou periódica (2 a 5 anos) do lodo.

Quadro 9 – Balanço de principais vantagens e desvantagens dos Sistemas de Lodos Ativados Fonte: adaptado de Von Sperling (1995)

Sistema	Sistemas de lodos ativados	
	Vantagens	Desvantagens
Lodos ativados convencionais	- Elevada eficiência na remoção de DBO; - Possibilidade de remoção de nitrogênio (N) e fósforo (P); - Baixos requisitos de área; - Processo confiável, desde que supervisionado; - Reduzidas possibilidades de maus odores, insetos e vermes; - Flexibilidade operacional.	- Elevados custos de implantação e operação; - Elevado consumo de energia; - Necessidade de operação sofisticada; - Elevado índice de mecanização; - Relativamente sensível à descargas tóxicas; - Necessidade de tratamento completo do lodo e da sua disposição final; - Possíveis problemas ambientais com ruídos e aerosóis.
Aeração prolongada	- Idem lodos ativados convencionais; - Sistema com maior eficiência de remoção de DBO - Operação mais simples; - Menor geração de lodos que o sistema de lodos ativados convencional; - Estabilização do lodo no próprio reator; - Elevada resistência a variações de carga e cargas tóxicas; - Satisfatória interdependência das condições climáticas.	- Elevados custos de implantação e operação; - Sistema com maior consumo de energia; - Elevado índice mecanização (inferior a lodos convencional); - Necessidade de remoção da umidade do lodo e da sua disposição final (mais simples que lodos convencional).
Sistemas de fluxo intermitente	- Elevada eficiência na remoção de DBO; - Satisfatória remoção de N e P; - Baixos requisitos de área; - Mais simples que os sistemas anteriores; - Menos equipamentos que os sistemas anteriores; - Flexibilidade operacional (variação dos ciclos); - Decantador secundário e elevatória de recirculação não são necessários.	- Elevados custos operacionais; - Maior potência instalada que os demais sistemas; - Necessidade de tratamento do lodo e da disposição final (variável com modalidade escolhida); - Usualmente mais competitivo economicamente para populações menores.

Quadro 11 – Balanço de principais vantagens e desvantagens dos Sistemas Anaeróbios Fonte: adaptado de Von Sperling (1995)

Sistema	Sistemas Anaeróbios	
	Vantagens	Desvantagens
Reator anaeróbio de manta de lodo	- Satisfatória eficiência na remoção de DBO; - Baixos requisitos de área - Baixos custos de implantação e operação; - Reduzido consumo de energia; - Construção, operação e manutenção simples; - Baixíssima produção de lodo; - Estabilização do lodo no próprio reator; - Não necessita de meio suporte; - Necessidade apenas de disposição final do lodo; - Rápido reinício após períodos de paralisação.	- Dificuldade em satisfazer padrões de lançamento mais restritivos; - Possibilidade de efluentes com aspecto desagradável; - Remoção de N e P insatisfatória; - Possibilidade de maus odores (embora possam ser controlados); - A partida do processo geralmente é lenta; - Relativamente sensível a variações de carga; - Usualmente precisa de pós-tratamento.
Fossa séptica – filtro anaeróbio	- Idem reator anaeróbio de manta de lodo (exceção – necessidade de meio suporte); - Boa adaptação a diferentes tipos e concentrações de esgotos; - Boa resistência a variações de carga.	- Dificuldade em satisfazer padrões de lançamento mais restritivos; - Possibilidade de efluentes com aspecto desagradável; - Remoção de N e P insatisfatória; - Possibilidade de maus odores (embora possam ser controlados); - Risco de entupimento.

Quadro 12 – Balanço de principais vantagens e desvantagens dos Sistemas de Disposição no solo – Fonte: adaptado de Von Sperling (1995)

Sistema	Sistemas de disposição no solo	
	Vantagens	Desvantagens
Infiltração lenta	- Elevadíssima eficiência na remoção de DBO e de coliformes; - Satisfatória eficiência na remoção de N e P; - Método de tratamento e disposição final combinados; - Requisitos energéticos praticamente nulos; - Construção, operação e manutenção simples; - Reduzidos custos de implantação e operação; - Boa resistência a variações de carga; - Não há lodo a ser tratado; - Proporciona fertilização e condicionamento do solo; - Retorno financeiro na irrigação de áreas agricultáveis; - Recarga do lençol subterrâneo.	- Elevadíssimos requisitos de área; - Possibilidade de maus odores; - Possibilidade de insetos e vermes; - Relativamente dependente do clima e dos requisitos de nutriente dos vegetais; - Dependente de características do solo; - Risco de contaminação de vegetais a serem consumidos, caso seja aplicado indiscriminadamente; - Possibilidade de contaminação dos trabalhadores na agricultura (na aplicação por aspersão); - Possibilidade de efeitos químicos no solo, vegetais e água subterrânea (no caso de haver despejos industriais); - Difícil fiscalização e controle em relação aos vegetais irrigados; - Aplicação deve ser suspensa ou reduzida nos períodos chuvosos.
Infiltração rápida	- Idem infiltração lenta (embora eficiência de remoção de poluentes seja menor); - Requisitos de área bem inferiores ao da infiltração lenta; - Reduzida dependência da declividade do solo; - Aplicação durante todo ano.	- Idem infiltração lenta (mas com menores requisitos de área e possibilidade de aplicação durante todo o ano); - Potencial de contaminação do lençol subterrâneo com nitratos.
Infiltração sub-superficial	- Idem filtração rápida; - Possível economia na implantação de interceptores; - Ausência de maus odores; - O terreno superior pode ser usado como área verde ou parque; - Independência das condições climáticas; - Ausência de problemas relacionados à contaminação de vegetais e trabalhadores.	- Idem infiltração rápida; - Necessidade de unidades de reserva para permitir alternância entre as mesmas (operação e descanso); - Os sistemas maiores necessitam de terrenos bem permeáveis para reduzir os requisitos de área.

Quadro 12 – Balanço de principais vantagens e desvantagens dos Sistemas de Disposição no solo (continuação) – Fonte: adaptado de Von Sperling (1995)

Sistema	Sistemas de disposição no solo	
	Vantagens	Desvantagens
Escoamento superficial	- Idem filtração rápida (mas com geração de efluente final e com maior dependência da declividade do terreno); - Dentre os métodos de disposição no solo, é o com menor dependência das características do solo.	- Idem infiltração rápida; - Maior dependência da declividade do solo; - Geração de efluente final.

11 – Resíduos Sólidos

Hoje em dia, os problemas ambientais evidenciados pela ação antrópica sobre o meio somado ao despreparo governamental para enfrentá-los tornam as questões ambientais prioritárias para a nossa própria sobrevivência.

Dentro deste contexto, os resíduos sólidos estão relevados a uma posição crítica. Na maioria das cidades, observa-se, com freqüência, a sua disposição em lixões totalmente inadequados, sem nenhuma técnica e recursos humanos capacitados.

Com o crescimento populacional, exige-se cada vez mais aumento da produção de alimentos e matéria-prima para o incremento dos produtos industrializados, e, conseqüentemente, dos resíduos sólidos.

Geralmente, o indivíduo gerador e o Estado não assumem a responsabilidade sobre o lixo que gera. Aparentemente, o problema dos resíduos sólidos termina na lixeira da residência do gerador quando os mesmos são recolhidos pelo poder público. Porém, esse é apenas o começo do problema. O lixo disposto inadequadamente gera graves problemas ambientais, dentre os quais citam-se:

- os gases que se formam nestes resíduos (CH_4, NH_3, CO_2 e H_2S) e que são expelidos para a atmosfera;
- o escoamento superficial do líquido percolado (chorume[16]) atingindo os corpos d'água;
- a percolação do chorume no solo podendo atingir o lençol freático e, conseqüentemente, os corpos d'água;
- lançamentos de gases e partículas que poluem a atmosfera;
- desvalorização de áreas onde se encontram os lixões, aterros sanitários, etc.

As estatísticas apresentadas pela Agenda 21 demonstram que, a nível mundial, o volume de lixo urbano produzido deve dobrar até o ano de 2025 e que 5,2 milhões, dentre os quais 4,0 milhões de crianças morrem por ano de doenças relacionadas com os resíduos sólidos.

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada pelo IBGE, referente aos resíduos sólidos, informa que a quantidade de lixo coletado diariamente no País é de 228.413 toneladas. Sendo assim distribuídas: a região

[16] Chorume é o líquido escuro que percola do lixo. Este se origina de três diferentes fontes: 1) da umidade natural do lixo, aumentando no período chuvoso; 2) da água de constituição da matéria orgânica, que escorre durante o processo de decomposição; 3) das bactérias existentes no lixo, que expelem enzimas que dissolvem a matéria orgânica com formação de líquido. Parte desse líquido é absorvido pelos microorganismos e parte se transforma em chorume.

norte coleta 11.067 toneladas/dia; a região nordeste, 41.557 toneladas; a região sudeste 141.616 toneladas/dia; a região sul, 19.874 toneladas/dia; e a região centro-oeste, 14.296 toneladas/dia.

Ainda segundo a mesma pesquisa, a situação de destinação de resíduos sólidos coletados no País teve uma tendência de melhora nos últimos anos. Em 2000, o lixo diariamente produzido no Brasil chegava a 228.413 toneladas, sendo 47,1% destinado a aterros sanitários, 22,3% a aterros controlados e apenas 30,5% a lixões a céu aberto. Entretanto, em número de municípios, o resultado não se apresenta favorável: 63,9% utilizavam lixões e 32,2% aterros adequados (13,8% aterros sanitários e 18,4% aterros controlados), sendo que 5% não informaram para onde vão os seus resíduos sólidos.

Diante desse quadro, encara-se o descaso por parte do poder público em relação aos resíduos sólidos como uma falta de visão em relação ao bem estar e a qualidade de vida da população. Os resíduos sólidos são vistos numa concepção linear, onde apenas se coloca um fluxo de produtos e resíduos. A problemática dos resíduos sólidos deve ser encarada com uma concepção circular, onde se considerem as dificuldades de eliminação destes materiais, a conservação dos recursos naturais e a melhoria do meio ambiente.

- **Definições e Classificações**

Segundo a norma ABNT 10.004/ 1987, por resíduos sólidos entendam-se “os resíduos nos estados sólido ou semi-sólido que resultam de atividades da comunidade de origem doméstica, industrial, hospitalar, comercial, agrícola e de varrição. Ficam incluídos nesta definição lodos de estação de tratamento de água e esgotos, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas as peculariedades tornem inviáveis seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnicas adequadas e economicamente viáveis em face da melhor tecnologia disponível.”

No quadro 13, definem-se os tipos de resíduos sólidos encontrados segundo a forma de operacionalização dos serviços de coleta.

Quadro 13 – Classificação dos resíduos sólidos segundo a forma de operacionalização dos serviços de coleta – Fonte: Adaptado de ABES (1990) & Fonseca (1999)

Tipo de resíduos	*Definição*
Domiciliar	Material constituído de diversos tipos de resíduos, normalmente procedentes de unidades residenciais. Estes resíduos são formados principalmente de matéria orgânica (biodegradável), mas contêm substâncias recalcitrantes (resistentes), como os plásticos.
Comercial	Resíduos provenientes de estabelecimentos destinados ao comércio em geral, escritórios, cinemas, bancos, teatros e órgãos públicos. Estes resíduos são formados por restos de copa e cozinha, lavagens, papéis, papelões, madeiras, plásticos, entre outros.
Público	Resíduos provenientes das atividades de limpeza urbana (varrição e capina de vias e logradouros públicos, podas de árvores, mercados, feiras, resíduos provenientes dos esgotos públicos, etc).
Serviços de Saúde	Constituídos de resíduos provenientes de Hospitais, Casas de Saúde, Maternidades, Postos Médicos, de Vacinação e Curativos, Consultórios e Clínicas Médicas e Odontológicas, Laboratórios, Farmácias e outros serviços do setor. Esses resíduos compreendem dois tipos, de acordo com a sua forma de geração: 1. resíduos comuns provenientes de restos de alimentos e de seu preparo, embalagens, invólucros e resíduos de atividades administrativas (papel, papelão, etc.); 2. resíduos infectantes provenientes das salas de cirurgias, das enfermarias e isolamentos, dos restos de curativos e aqueles que contém sangue e hemoderivados. Esse tipo de resíduo é denominado de lixo séptico e cuidados especiais devem ser tomados quando de seu acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e destino final por representarem riscos a saúde do homem.
Industrial	Constituídos de resíduos sólidos ou semi-sólidos resultantes da atividade industrial. Este tipo de resíduo é, em boa parte, responsável pela contaminação do solo, dos recursos hídricos e do ar, pois na grande maioria, o próprio produtor é responsável pela sua coleta e disposição final. Visto que a fiscalização ainda é incipiente, os produtores executam a sua disposição de acordo com sua conveniência, gerando grandes impactos ambientais.
Especial	Lixo constituído por resíduos que normalmente não são recolhidos pelo serviço regular de coleta, em função de grande volume, requerendo cuidados especiais para o acondicionamento e coleta. Por exemplo, citam-se animais mortos, veículos abandonados, árvores podadas e cortadas, entulhos provenientes de reforma, ampliação e construção de edificações.
Outros	Constituídos dos resíduos não incluídos anteriormente, bem como aqueles provenientes de limpeza de bocas-de-lobo, lodos de estações de tratamento de água e esgotos, limpeza de galerias e outros.

A seguir, classificam-se os resíduos sólidos segundo o seu grau de biodegradabilidade:

Quadro 14 – Classificação dos resíduos sólidos segundo o grau de biodegradabilidade Fonte: ABES (1990)

Tipo de resíduos	*Definição*
Facilmente degradáveis	Constituídos principalmente de matérias orgânicas que se decompõem consumindo oxigênio e produzindo odores desagradáveis.
Moderadamente degradáveis	Constituídos principalmente de papel, papelão e outros produtos celulósicos.
Dificilmente degradáveis	Constituídos principalmente de trapos, couro, borracha e madeiras, e degradam muito lentamente e se acumulam no meio ambiente.
Não degradáveis	Também chamados recalcitrantes e são constituídos principalmente por vidros, metal, plástico, pedras, terra, etc.

Segundo a norma NBR 10.004/1987, os resíduos sólidos podem ser classificados como:

Quadro 15 – Classificação dos resíduos sólidos segundo a sua periculosidade

Classe	*Definição*
Classe I – perigosos	São aqueles que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, podem apresentar riscos à saúde pública ou ao meio ambiente, ou ainda os inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos ou patogênicos.
Classe II - não-inertes	São aqueles que não se enquadram nas classes **I** e **III**, e que podem ser combustíveis, biodegradáveis ou solúveis em água.
Classe III – inertes	São aqueles que, ensaiados segundo o teste de solubilização da norma NBR 10.006/1987, não apresentam qualquer de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de cor, turbidez, sabor e aspecto.

- **Características dos Resíduos Sólidos**

As características dos resíduos sólidos são extremamente variáveis, pois não apresentam um comportamento padronizado. Os principais fatores que influenciam na sua composição são:

- localização geográfica e característica da área considerada;
- clima e variações temporais;
- hábitos e costumes, padrão de desenvolvimento e nível de vida da população;
- atividades dominantes (industrial, turística, universitária, agrícola, etc) e o estágio tecnológico da sociedade;
- flutuações na população e na economia.

O quadro a seguir apresenta as características dos resíduos sólidos em relação à renda dos países:

Quadro 16 – Características dos resíduos sólidos de acordo com a renda – Fonte: DESA (1996)

Características		Países de baixa renda (1)	Países de renda média (2)	Países Industrializados
Produção "per capita" (kg/hab.dia)		0,4 – 0,6	0,5 – 0,9	0,7 – 1,8
Densidade (peso seco, kg/m^3)		250 – 500	170 – 330	100 – 170
Umidade (% em peso, no ponto de geração)		40 – 80	40 – 60	20 – 30
Composição (%)	Papel	1 – 10	15 – 40	15 – 40
	Vidros, cerâmicas	1 – 10	1 – 10	4 – 10
	Metais	1 – 5	1 – 5	3 – 13
	Plásticos	1 – 5	2 – 6	2 – 10
	Couro, borracha	1 – 5	-	-
	Madeira, osso	1 – 5	-	-
	Panos e trapos	1 – 5	2 – 10	2 – 10
	Vegetais putrescíveis	40 – 85	20 – 65	20 – 50
	Inertes	1 – 40	1 – 30	1 – 20
	Particulados	5 – 35	-	10 – 85

(1) Países com renda "per capita" abaixo de U$ 360 (1978)
(2) Países com renda "per capita" entre U$ 360 e U$ 3.500 (1978)

Segundo dados da Superintendência de Limpeza Urbana (1991), em Belo Horizonte, a composição gravimétrica[17] do lixo era: matéria orgânica, 64,4%; papel e papelão, 13,5%; plásticos, 6,5%; metais, 2,7%; e vidros, 2,2%.

[17] Representa o percentual de cada componente em relação ao peso total do lixo.

Segundo dados da Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, os valores "per capita" de lixo dentro são:

Quadro 17 – Valores de Coeficiente Per Capita de Produção de Resíduos Sólidos Domiciliares em Função da População Urbana – Fonte: SMA/SP (1999)

População (mil habitantes)	Produção de Lixo (kg/hab.dia)
Até 100	0,4
100 a 200	0,5
200 a 500	0,6
Maior que 500	0,7

- **Aspectos Epidemiológicos**

Os resíduos sólidos domiciliares (lixo) são um componente importante do perfil epidemiológico de uma comunidade, exercendo influência, ao lado de outros fatores, sobre a incidência de doenças. Do ponto de vista sanitário, não se pode afirmar que o lixo é causa direta de doenças. Entretanto, está comprovado o seu papel de transmissor de doenças provocadas por macro e microorganismos que vivem ou são atraídos pelo lixo. A ausência de tratamento ou o tratamento adequado dos resíduos, bem como a eventual presença de alguns compostos químicos, podem permitir que, atingindo águas superficiais e subterrâneas, o lixo e seus sub-produtos de sua degradação comprometam a saúde do homem, facilitando a proliferação de doenças e provocando desequilíbrios ecológicos (figura 1).

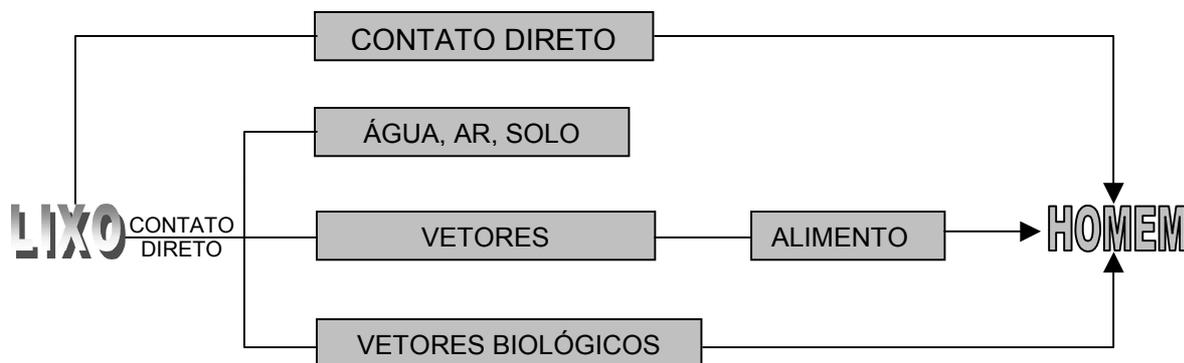



Figura 37 – Vias de contato homem – lixo – Fonte: adaptado de Barros et al. (1995)

Verifica-se que maior ênfase deve ser dada às doenças transmitidas por vetores. Pode-se classifica-los em dois grandes grupos:

- Macrovetores: ratos, baratas, mosquitos, moscas e mesmo animais de maior parte como cães, aves, suínos e eqüinos.
- Microvetores: vermes, fungos, bactérias, actinomicetos e vírus, que têm importância epidemiológica no caso de serem patogênicos.

São algumas das doenças transmitidas por vetores: diarréias infecciosas, amebíase, febre tifóide e paratifóide, helimintoses e outras, comumente transmitidas por moscas e baratas; Malária, febre amarela, dengue, filariose, transmitidas por mosquitos; Peste bulbônica, tifo murino, febre por mordedura de rato ou febre de Haverhill e leptospirose, transmitidas por ratos; Triquinose, leptospirose, teníase e

toxiplasmose, transmitidas pelo porco. O urubu e o pombo podem transmitir também a toxiplasmose e a triquinose.

Além dessas formas de transmissão, existem outras formas de acesso a agentes patogênicos ao corpo do homem, tais como através de acidentes durante o manuseio do lixo e ingestão de produtos de origem animal, que podem transmitir triquinose, cisticercose, toxoplasmose, etc.

- **Componentes dos serviços de operação dos resíduos sólidos**

Ao conjunto de atividades que permite o adequado estado de limpeza de uma cidade, chama-se limpeza pública ou urbana. Alguns destes serviços são de responsabilidade do poder público (município), embora atualmente exista uma tendência à terceirização, passando as atividades para a iniciativa privada, que pode contar, em alguns casos, com maior agilidade e flexibilidade para solucionar problemas técnicos e, principalmente, operacionais.

Competem à limpeza pública, as seguintes atividades:

- regulamentação e fiscalização dos procedimentos de acondicionamento e de colocação do lixo pelos produtores, nos logradouros públicos;
- coleta e transporte dos resíduos sólidos;
- capinação e roçada de logradouros públicos, praças, etc.
- desobstrução de bocas-de-lobo, de galerias, córregos e vales;
- remoção de materiais provenientes de inundação;
- podas de áreas e jardins públicos, bem como sua remoção;
- limpeza geral de monumentos, túneis, viadutos, pontes e outros locais, como zonas de mercados e feiras;
- tratamento (através de reaproveitamento e reciclagem, compostagem, incineração, etc.) dos resíduos sólidos e disposição adequada dos sub-produtos desse processo;
- destinação sanitária final de todos os resíduos transportados por aterros sanitários (lixo doméstico, objetos volumosos, entulho, etc).

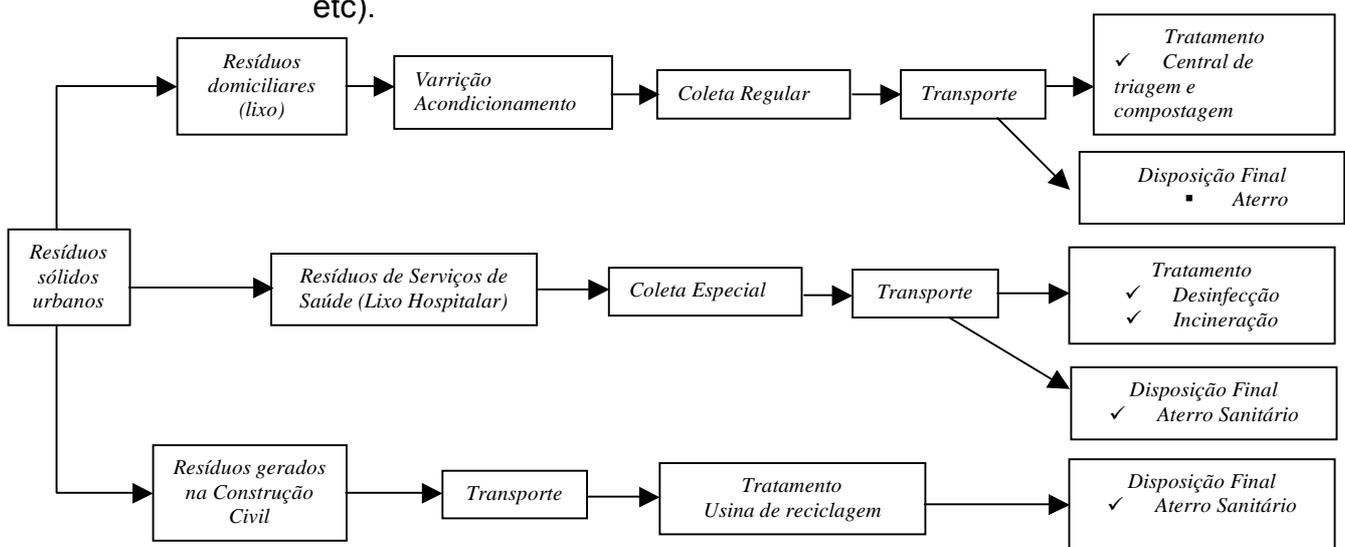



Figura 38 – Fluxograma das operações efetuadas na área de resíduos sólidos

No caso dos resíduos sólidos industriais, a responsabilidade do acondicionamento e transporte até sua disposição final é do produtor do resíduo. A seguir, apresentam-se as operações efetuadas na área de resíduos sólidos industriais (Figura 39).

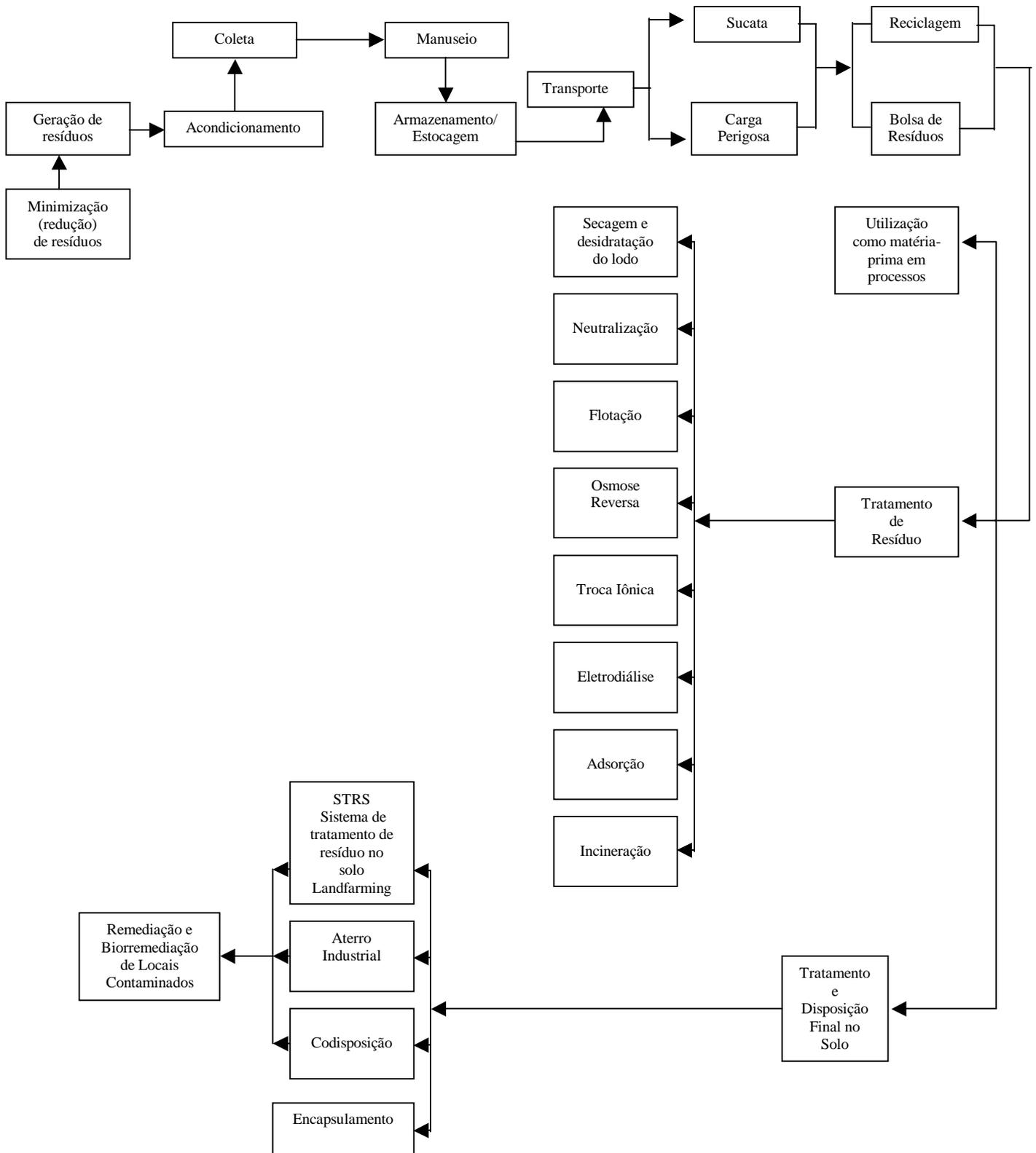



Figura 39 – Operações efetuadas na área de resíduos sólidos industriais

É importante salientar a importância da implantação dos **3R** (reutilizar, reciclar e reduzir), dando ênfase a todos os 3, mas em especial a redução dos resíduos sólidos. Este programa deve ser implantado em todos os tipos de resíduos sólidos visando a sua redução, já que com o aumento da tecnologia e da população haverá um aumento no volume de resíduos sólidos gerados.

- *Varrição*

Entende-se por varrição ou varredura, o conjunto das atividades necessárias para reunir, acondicionar e remover os resíduos sólidos lançados por causas naturais ou pela ação humana nas vias e logradouros públicos.

Quadro 18 – Comparação entre as varrições manual e mecânica – Fonte: Barros et al. (1995)

Características	Tipo de Varrição	
	manual	Mecânica
Tipo de pavimentação	Qualquer um	Asfalto ou similar, bem conservado, com pequeno declive.
Rendimento do trabalho	Baixo	Alto
Mão-de-obra	Não qualificada	Qualificada
Outras possibilidades	Varrição das calçadas	Remoção de terra e lama
Observações	Traz riscos de acidentes, ocorrem faltas por doenças e rotatividade de mão-de-obra.	Requer manutenção sofisticada, causa barulho, traz incômodo ao tráfego e requer o uso de água para abater a poeira.

Quadro 19 – Tipos de Varrição – Fonte: Barros et al.(1995)

Características	Tipo de Varrição
Diária com repassagem (inclusive no centro)	Área comercial com grande fluxo de pedestres
Diária	Área mista (comercial e residencial)
Alternada (3 vezes por semana)	Área residencial próximo à áreas mistas
Alternada (2 vezes por semana)	Área residencial densa
Uma vez por semana	Área residencial pouco densa

- *Coleta*

A coleta dos resíduos deve ser efetuada em função dos tipos e da quantidade de resíduos a serem transportados. O trabalho da coleta de lixo tem início no local onde é gerado. O sistema de coleta de resíduos sólidos, pela sua complexidade, importância e custo, é uma das principais tarefas do administrador dos serviços de limpeza pública, embora, na maioria das vezes, a preocupação esteja somente em afastá-los da fonte geradora, não se importando com uma destinação final sanitariamente adequada.

A coleta é feita segundo um dos sistemas diferenciados citados a seguir:

- sistema regular de coleta: executada nas residências a intervalos determinados, correspondendo à remoção de lixo domiciliar, comercial e industrial de pequeno porte. Entende-se por coleta domiciliar e comercial, o conjunto de atividades concernentes ao recolhimento dos resíduos sólidos produzidos em edifícios residenciais e/ou comerciais, com as características qualitativas e dentro dos limites quantitativos

definidos pelo regulamento de limpeza pública, bem como o seu transporte de forma adequada para as unidades de tratamento e/ou destino final;

- coleta especial: executada mediante escala ou a pedido. Os resíduos provêm da varrição pública, de hospitais ou de unidades de saúde, podendo ser restos de cemitério, animais mortos, dejetos de feiras, entulhos e outros;
- coleta realizada pelo próprio produtor: executada quando há grandes volumes de lixo. São resíduos de indústrias, de obras de engenharia, etc. Os produtores devem se responsabilizar pela sua remoção, transporte e pela disposição em locais aceitos pelo órgão ambiental fiscalizador.

Sobre a coleta especial, faz-se necessário uma programação em separado e independente da coleta convencional, para a execução das atividades integrantes do serviço de coletas especiais, de modo a otimizar a sua prestação. A ausência destas coletas pode causar incômodos e trazer risco à população, além de comprometer aspectos estéticos da cidade e a qualidade dos demais serviços prestados pela limpeza pública. Normalmente são serviços cobrados à parte. Apresenta-se a seguir, os principais tipos de coleta especial:

- coleta de resíduos de serviços de saúde: os resíduos gerados nos hospitais, clínicas, laboratórios, farmácias e demais unidades de saúde, por serem tidos como contaminados, contagiosos ou mesmo serem suspeitos de contaminação, devem ser considerados isoladamente;
- coleta de entulhos: o entulho jogado descuidadamente em terrenos baldios, em estradas, etc, estimula a formação de lixões, que comprometem os aspectos sanitário e estético da cidade. A inexistência de áreas de bota-fora pré-determinadas pelas prefeituras, devidamente isoladas, controladas e fiscalizadas, faz com que a população descarte o entulho em qualquer local, causando, entre outros problemas, assoreamento do leito dos rios, o que pode dificultar o escoamento natural da águas e provocar inundações nos períodos chuvosos;
- coleta de resíduos perigosos: os resíduos perigosos são normalmente de origem industrial e sub-produtos dos processos de transformação. O envio de um resíduo industrial do ponto de geração até o seu destino final envolve geralmente coleta, acondicionamento, transporte e armazenamento dentro da própria indústria, e a coleta e transporte até o local de tratamento ou disposição final. Ambas as fases são de responsabilidade exclusiva do gerador (indústria), ainda que na fase externa possa-se recorrer a contratados que devem ser licenciados pelo órgão de controle ambiental.

o *Tratamento e disposição final*

O tratamento ideal dos resíduos deve permitir tanto a reutilização da maior parte deles, quanto sua inertização, sendo sempre necessário um aterro, mesmo que numa proporção reduzida. Assim, cabe ao poder público incentivar,

desenvolver, facilitar e difundir ações para encontrar formas de redução, reciclagem e reaproveitamento de resíduos junto às fontes geradoras, discutindo alternativas, minimizando volumes e garantindo tratamentos, antes da disposição final.

- *Aterros Sanitários*

O aterramento é uma técnica de disposição mais utilizada de disposição final para os resíduos sólidos, encontrada em quase todos os municípios brasileiros. Entretanto, na maioria dos casos, o que se tem são verdadeiros lixões a céu aberto, em que simplesmente se descarrega o lixo, sem qualquer cuidado ou controle.

Segundo a norma NBR 8.419/1984, o aterro sanitário é “uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde e à segurança, minimizando impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzí-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho ou a intervalos menores, se necessário”.

Assim sendo, várias são as vantagens da utilização deste processo de destinação final:

- ✓ baixos custos de implantação e de operação;
- ✓ capacidade de absorver grandes quantidades de lixo, de diferentes tipos;
- ✓ disposição do lixo de forma sanitariamente adequada, com drenagem de gases e coleta e tratamento dos líquidos percolados gerados na decomposição da matéria orgânica;
- ✓ controle das condições de proliferação de vetores;
- ✓ drenagem de águas pluviais diminuindo a geração de chorume;
- ✓ possibilidade de recuperação de áreas degradadas e de baixo valor comercial para fins de lazer e de recreação pública;
- ✓ possibilidade de aproveitamento da energia contida nos gases gerados pela decomposição da matéria orgânica;
- ✓ limitação da ação de catadores.

Por outro lado, o aterro sanitário possui alguns inconvenientes: a necessidade de grandes áreas adjacentes aos centros produtores de lixo, para que os custos de transporte não se tornem inviáveis; a grande influência das condições meteorológicas; a necessidade de material de cobertura disponível nas imediações, em quantidades suficientes; a necessidade de drenagem e de tratamento dos gases e líquidos percolados; a desvalorização das áreas próximas.

Os aterros são empreendimentos passíveis de processo de EIA/RIMA, conforme resolução CONAMA nº 001, de 23/01/1986, devendo o estudo ser submetido à apreciação da Secretaria Estadual do Meio Ambiente (ou órgão equivalente).

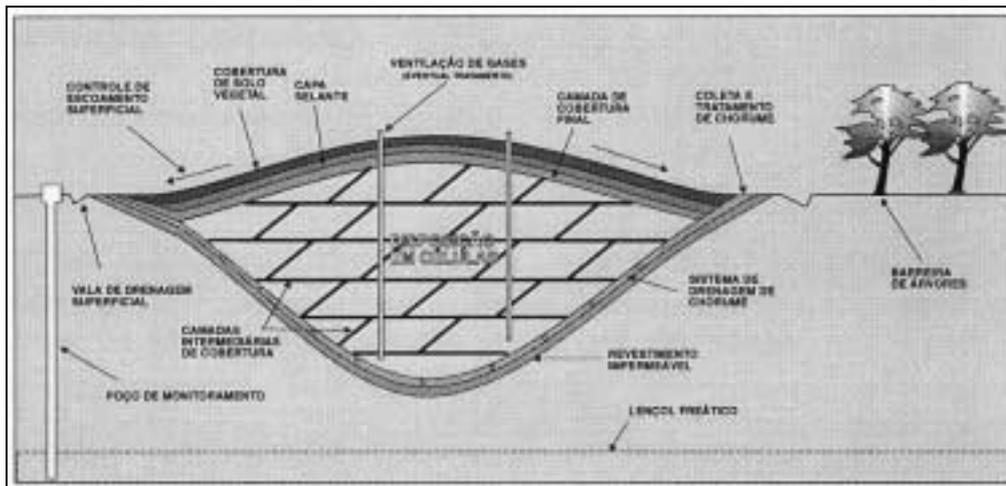



Figura 40 – Corte esquemático de um aterro sanitário – Fonte: Barros et al (1995).

- *Compostagem*

Um outro método de tratamento e disposição dos resíduos sólidos chama-se compostagem. Define-se compostagem como a transformação de resíduos orgânicos presentes no lixo, através de processos físicos, químicos e biológicos, em material biogênico mais estável e resistente. Como produto final tem-se o "composto" que se mostra um excelente condicionador orgânico do solo.

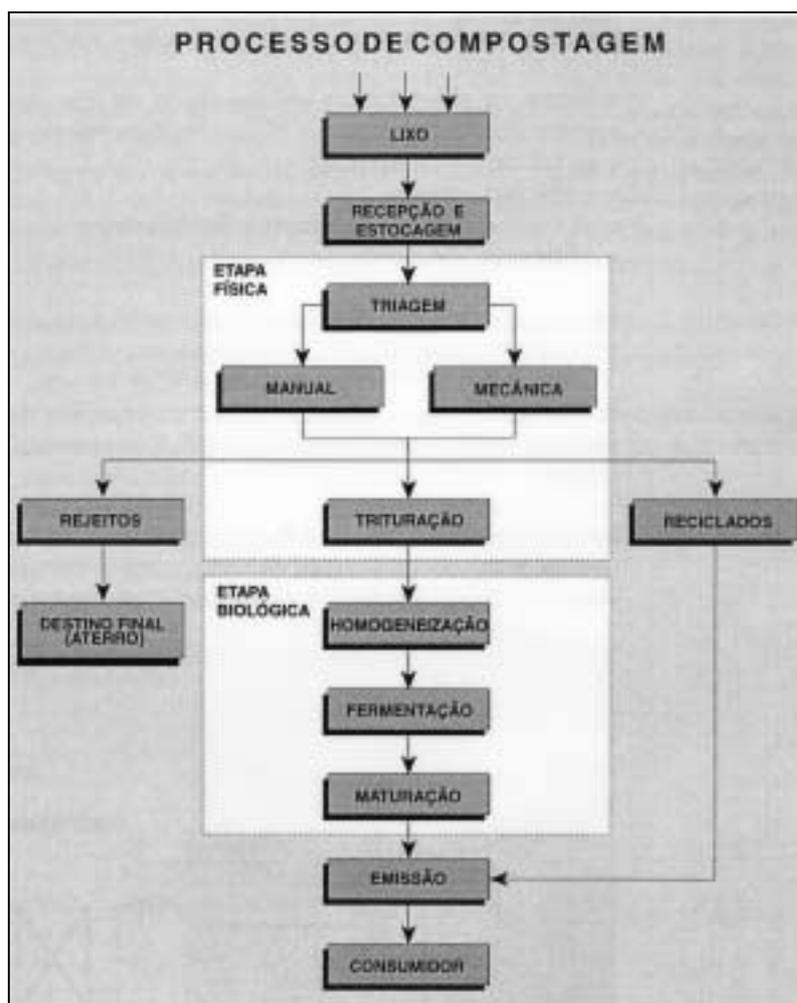



Figura 41 – Fluxograma do processo de compostagem – Fonte: Barros et al (1995).

A eficiência do processo de compostagem apresenta-se intimamente ligada à implantação de um plano de coleta seletiva que retire plásticos, vidros e outros materiais contaminantes (p. ex. pilhas) e insetos, indesejáveis na massa a ser compostada. A viabilidade econômica desta alternativa depende de condições de mercado que favoreçam a comercialização e a utilização do “composto”.

- *Incineração*

A incineração caracteriza-se como um processo de redução de peso (até 70%) e de volume (até 90%) do lixo através de um processo de combustão controlada, de 800 a 1.000 ^{o}C, visando a disposição final.

A incineração apresenta-se uma boa alternativa para o caso de grande quantidade de resíduos sépticos e/ou perigosos ou quando se tenha grande distância a percorrer entre a coleta e a disposição final. Outro caso em que a incineração torna-se uma boa solução advém da falta de áreas para aterros.

O grande inconveniente desta solução é a liberação de gases tóxicos, os quais necessitam de tratamento. Já as cinzas e os materiais remanescentes do processo precisam ser dispostos de maneira adequada.

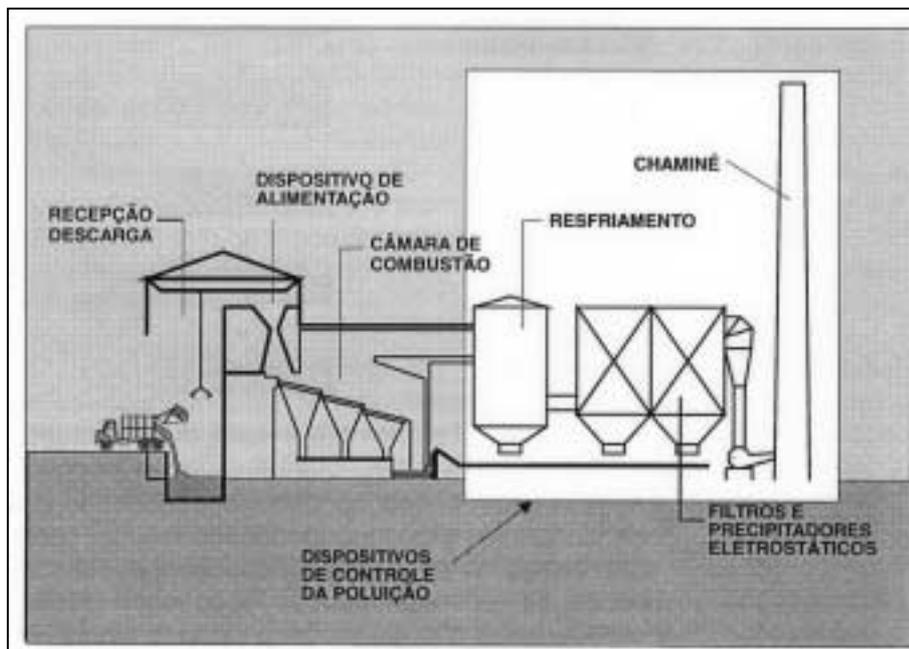



Figura 42 – representação esquemática de um incinerador – Fonte: Barros et al (1995).

No quadro a seguir, apresenta-se a comparação entre os principais métodos de tratamento e disposição final do lixo.

Quadro 20 – Quadro comparativo de vantagens e desvantagens dos principais métodos de tratamento e disposição final do lixo – Fonte: Barros et al.(1995)

Método	Vantagens	Desvantagens
Aterro sanitário	- Baixos custos de implantação e operação - Possibilidade de utilização de equipamentos comuns de terraplanagem; - Grande flexibilidade operacional (diferentes tipos de resíduos, crescimento populacional e maior produção de resíduos); - Minimização de risco à saúde e ao meio ambiente; - Possibilidade de recuperação de áreas degradadas; - Possibilidade de utilização futura após o encerramento; - Geração de gás combustível que pode ser utilizado.	- Necessidade de grandes áreas; - Altos custos de transporte dependendo da localização; - Dependência das condições meteorológicas para boa operação; - Necessidade de material disponível para cobertura; - Geração de percolados líquidos (chorume), que necessitam de tratamento e disposição adequados; - Necessidade de drenagem de gases gerados; - Impossibilidade de reaproveitamento a curto prazo do material aterrado; - Desvalorização de áreas adjacentes.
Compostagem	- Diminuição das quantidades de resíduos a serem aterrados, favorecendo o reaproveitamento de materiais previamente separados; - Possibilidade de tratamento de quaisquer resíduos orgânicos; - Propicia a recuperação de solos agrícolas exauridos; - Geração de composto orgânico, permitindo a reintrodução de elementos no sistema.	- Necessidade de separação e triagem prévia dos resíduos; - Dificuldade para absorver grandes variações na produção do lixo; - Flutuação das condições de comercialização do produto; - Necessidade de controle operacional eficaz.
Incineração	- Redução dos custos de transportes; - Redução do volume e do peso original do lixo; - Necessidade de áreas reduzidas, onde as instalações e dispositivos operam independentemente das condições meteorológicas; - Eliminação sanitariamente segura dos resíduos; - Geração de energia (para aquecimento, etc.).	- Altos custos de implantação, operação e manutenção, com mão-de-obra especializada; - Possibilidade de geração e emanação de compostos perigosos, com necessidade de controle sofisticado de combustão e de equipamentos de controle da poluição do ar de grande eficiência; - Necessidade de disposição adequada da escória e das cinzas.

- **Coleta seletiva**

Entende-se por coleta seletiva, o processo de coleta onde o usuário executa uma seleção de materiais passíveis de serem reciclados ou reutilizados, visando a sua redução. Dentro desses materiais cita-se o papel, o plástico, o vidro e o alumínio.

O processo de coleta seletiva é um processo, que depois de implantado, deverá ser executado indefinidamente. Esse processo depende da conscientização da população para a importância dos 3R (reciclar, reutilizar e reduzir), no que tange a produção de resíduos sólidos urbanos. Deve-se começar com uma campanha de conscientização pública através da mídia, em uma pequena área, e expandindo-o gradualmente para o resto da cidade.

A seguir apresenta-se os procedimentos para a redução, reutilização e reciclagem de resíduos sólidos do qual a coleta seletiva faz parte.

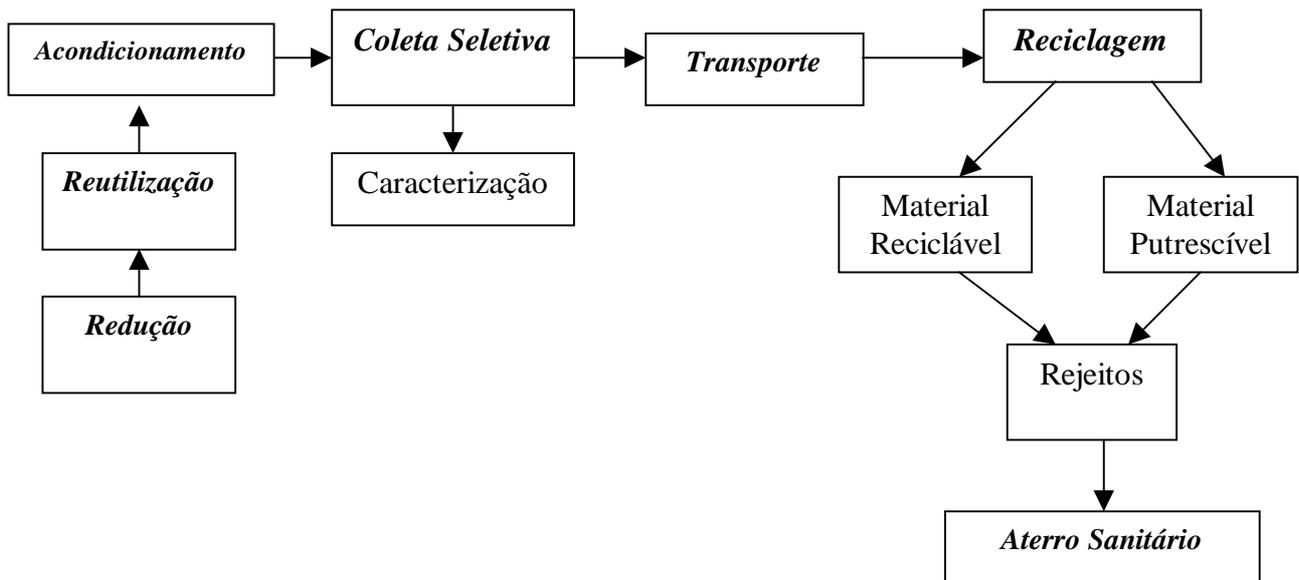



Figura 43 – Procedimentos para redução, reutilização e reciclagem de resíduos sólidos.

A implantação do processo de coleta seletiva abrirá caminhos para otimização dos vários processos de disposição final existentes, já que cada um deles, só perceberá o material que lhe convém. O meio ambiente será preservado, pois não haverá contaminação do solo, gerada pelos vários componentes do lixo e do chorume, com minimização dos impactos ambientais. Quando da implantação de um projeto de coleta seletiva e reciclagem dos resíduos sólidos urbanos, deve ser realizado um estudo de mercado para os reciclados.

A participação da comunidade apresenta-se como principal fator de sucesso ou insucesso do processo de coleta seletiva, sendo fundamental o envolvimento de todos e a conscientização da importância de cada um em todo o processo. Campanhas nas ruas, publicidade em jornais, revistas e tv, além de um sistema de coleta e disposição que vise a facilitação do acesso aos pontos de coleta são algumas das armas para o sucesso de todo o processo.

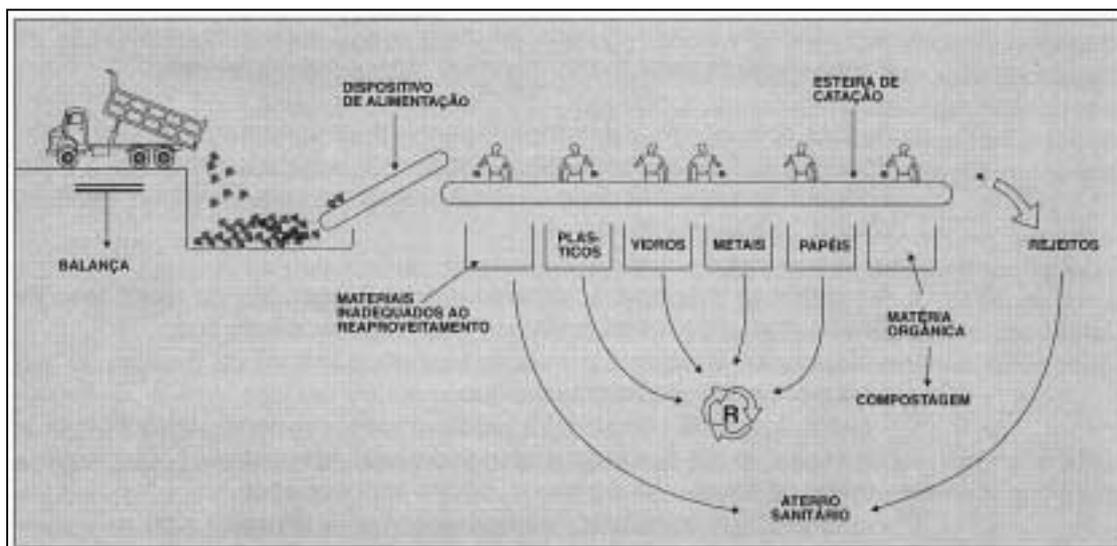



Figura 44 – representação esquemática de uma possibilidade de reciclagem do lixo – Fonte: Barros et al (1995).

12 – Saneamento e Saúde Pública

A saúde é definida, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), como o estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não apenas a ausência de doenças.

Analisando-se esse vasto conceito, conclui-se que o Brasil é um país em estado crítico de saúde. Segundo Barros (1995), temos:

- a taxa de mortalidade infantil no ano de 2000 era de 29 em cada 1.000 (em Cuba em 1992, por exemplo, era de 14 para cada 1.000 habitantes e na Argentina de 29 para cada 1.000 habitantes);
- 30% das mortes de crianças com menos de um ano de idade são por diarréia;
- existem, no Brasil, 5,5 milhões de casos de esquistossomose;
- a epidemia de cólera no Brasil atinge mais de 700 cidades e mais de 100.000 pessoas;
- o investimento em saúde no Brasil tem sido da ordem de US$ 60,00 por habitante por ano, sendo que o mínimo recomendado pela OMS é de US$ 500,00;
- em 1994, o Brasil foi considerado o país com maior concentração de renda do mundo, sendo que os 20% mais ricos detêm 32 vezes mais renda que os 20% mais pobres, o que se reflete no comprometimento do acesso da população menos favorecida aos serviços de saúde e de saneamento.

A OMS define o saneamento como o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeito deletério sobre seu bem estar físico, mental e social. Diante dessa definição, o saneamento possui íntima relação com o bem estar da população, ou seja, com sua saúde física, mental e social.

Segundo Barros (1995), "diversas doenças infecciosas e parasitárias têm no meio ambiente uma fase de seu ciclo de transmissão, como por exemplo, uma doença de veiculação hídrica, com transmissão feco-oral. A implantação de um sistema de saneamento, nesse caso, significaria interferir no meio ambiente, de maneira a interromper o ciclo de transmissão da doença".

É de fundamental importância para o controle da transmissão de doenças, a promoção da *educação sanitária*, na qual se instrui a pessoa sobre práticas de hábitos higiênicos como:

- utilização e manutenção adequadas das instalações sanitárias;
- melhoria da higiene pessoal, doméstica e dos alimentos.

A grande maioria das doenças transmitidas para o homem é causada por microorganismos (organismos de pequenas dimensões, imperceptíveis a olho nu). Os principais grupos de microorganismos que podem provocar doenças no homem são:

- os vírus (ex.: vírus da hepatite);

- as bactérias (ex.: vibrião colérico – cólera);
- os protozoários (ex.: amebíase);
- os helmintos (ex:. verminoses – filária (elefantíase) / tênia e lombriga).

As doenças relacionadas com a água podem ser agrupadas conforme o quadro a seguir:

Quadro 21 – Doenças relacionadas com a água – Fonte: Barros et al (1995).

Grupo de doenças	Principais doenças	Formas de transmissão	Formas de prevenção
Transmitidas pela via feco-oral (alimentos contaminados por fezes)	diarréias e disenterias, como a cólera e a giardíase febre tifóide e paratifóide leptospirose amebíase hepatite infecciosa ascaridíase (lombriga)	O organismo patogênico (agente causador da doença) é ingerido.	- proteger e tratar as águas de abastecimento e evitar o uso de fontes duvidosas e/ou contaminadas; - fornecer água em quantidade adequada e promover a higiene pessoal, doméstica e dos alimentos.
Controladas pela limpeza com a água (associadas ao abastecimento insuficiente de água)	infecções na pele e nos olhos, como o tracoma e o tifo (relacionado com piolhos), e a escabiose.	A falta de água e a higiene pessoal insuficiente criam condições favoráveis para sua disseminação.	- fornecer água em quantidade adequada e promover a higiene pessoal e doméstica.
Associadas à água (uma parte do ciclo da vida do agente infeccioso ocorre em um animal aquático)	esquistossomose	O patogênico penetra pela pele ou é ingerido.	- evitar contato de pessoas com águas infectadas; - proteger mananciais; - adotar medidas adequadas para a disposição de esgotos; - combater o hospedeiro intermediário.
Transmitidas por vetores que se relacionam com a água	Malária febre amarela dengue filariose (elefantíase)	As doenças são propagadas por insetos que nascem na água ou picam perto dela.	- combater os insetos transmissores; - eliminar condições que possam favorecer criadouros; - evitar o contato com criadouros; - utilizar meios de proteção individual.

Além das doenças com origem biológica, a água pode ser veículo de inúmeras substâncias químicas, capazes de provocar graves problemas de saúde para o indivíduo que as consumir durante um período prolongado ou em concentrações elevadas.

Quadro 22 – Componentes químicos que podem afetar a saúde – Fonte: Barros et al (1995).

Componente		Efeitos sobre a saúde
Inorgânico	*Arsênio*	Em doses baixas causa debilidade muscular, perda de apetite e náusea. Em doses altas causa comprometimento do sistema nervoso central.
	Cádmio	Provoca desordem gastrointestinal grave, bronquite, enfisema, anemia e cálculo renal.
	Chumbo	Provoca cansaço, ligeiros transtornos abdominais, irritabilidade e anemia.
	Cianetos	Pode ser fatal em doses altas.
	Cromo	Em doses baixas causa irritação nas mucosas gastrointestinais, úlcera e inflamação na pele. Em doses altas causa doenças no fígado e nos rins, podendo levar à morte.
	Fluoretos	Em doses baixas melhoram o índice de fertilidade e crescimento e trazem proteção contra as cáries. Em doses altas provocam doenças nos ossos e inflamação no estômago e no intestino, causando hemorragia.
	Mercúrio	Causa transtornos neurológicos e renais, tem efeitos tóxicos nas glândulas sexuais, altera o metabolismo do colesterol e provoca mutações.
	Nitratos	Causam deficiência de hemoglobina no sangue em crianças, podendo levar à morte.
	Prata	É fatal para o homem em doses extremamente altas. Provoca descoloração da pele, dos cabelos e das unhas.
Orgânico (*)	*Aldrin e Dieldrin*	Afetam o sistema nervoso central. Em doses altas é fatal para o homem.
	Benzeno	A exposição aguda ocasiona a depressão no sistema nervoso central. Estudos sugerem que existe relação entre exposição de benzeno e leucemia.
	Clordano	Provoca vômitos e convulsões. Pode causar mutações.
	DDT	Causa problemas, principalmente no sistema nervoso central.
	Lindano	Causa irritação do sistema nervoso central, náusea, vômitos, dores musculares e respiração debilitada.

(*) na sua maioria sintéticas, estas substâncias são, em geral, agrotóxicos.

No quadro a seguir, apresentam-se as doenças relacionadas com o lixo.

Quadro 23 – Doenças relacionadas com o lixo e transmitidas por vetores – Fonte: Barros et al (1995).

Vetores	Formas de transmissão	Principais doenças
Ratos	- através da mordida, urina e fezes; - através da pulga que vive no corpo do rato.	- peste bubônica; - tifo murino; - leptospirose.
Moscas	- por via mecânica (através das asas, patas e corpo); - através das fezes e saliva.	- febre tifóide; - salmonelose; - cólera; - amebíase; - disenteria; - giardíase.
Mosquitos	- através da picada da Fêmea	- malária; - leishmaniose; - febre amarela; - dengue; - filariose.
Baratas	- por via mecânica (através das asas, patas e corpo) e pelas fezes.	- febre tifóide; - cólera; -giardíase.
Suínos	- pela ingestão de carne contaminada.	- cisticercose; - toxoplasmose; - triquinelose; -teníase.
Aves	- através das fezes.	- toxoplasmose.

- **Controle de vetores**

A transmissão de doenças de animais para o homem pode se dar de forma direta, indireta ou através de vetores, os quais são seres vivos capazes de transferir um agente infeccioso de um hospedeiro a outro.

O controle de vetores tem grande importância sanitária visto que influencia diretamente sobre a mortalidade infantil, sobre a redução da mortalidade e da média de vida do homem, sobre a prevenção de doenças relacionadas aos vetores e sobre a preservação da qualidade de vida do ser humano.

O controle de vetores pode ser feito de três formas distintas: controle químico, controle ambiental e o controle biológico.

O *controle químico* consiste no emprego sistemático de agentes químicos para a destruição dos vetores. Entretanto, vários destes produtos são tóxicos ao homem e podem desenvolver resistência nos vetores.

O *controle ambiental* baseia-se no saneamento do meio visando criar condições adversas aos vetores. Este controle é feito à longo prazo, traz efeitos positivos sobre a população, sua saúde e à atividade econômica, além de não causar nenhum impacto ambiental.

O *controle biológico* baseia-se no lançamento de outros organismos no meio que sejam predadores ou competidores naturais dos vetores. É uma técnica que ainda se encontra em desenvolvimento.

Quando se empregam as três técnicas integradas de controle, a estratégia é denominada de controle integrado, sendo esta a forma mais eficaz de intervenção.

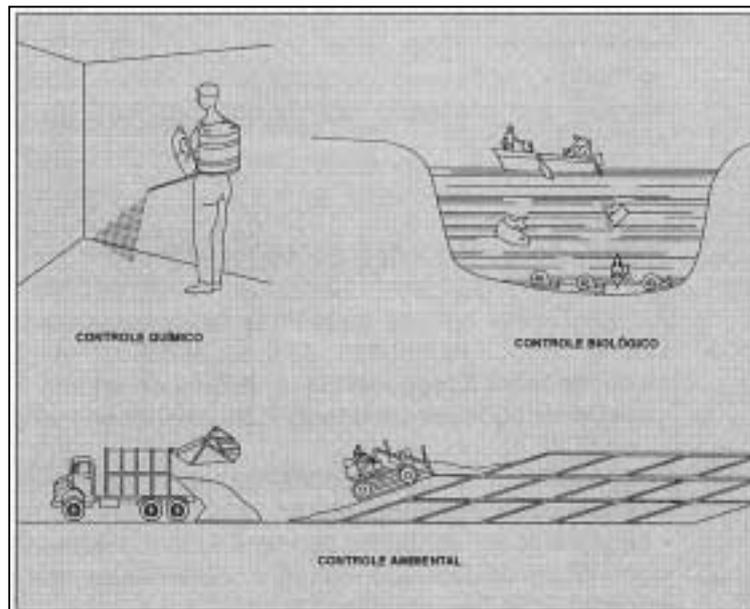



Figura 45 – Controle químico, biológico e ambiental – Fonte: Barros et al (1995).

No quadro a seguir apresentam-se as principais medidas de controle dos vetores.

Quadro 24 – Medidas de controle de vetores – Fonte: Barros et al (1995).

Tipo de vetor	Medidas de controle
Mosquitos	- drenagem e aterro dos locais de procriação (criadouros); - utilização de peixes (barrigudinhos) e outros inimigos naturais das larvas; - eliminação de empoçamento de água nos quintais (por exemplo em vasilhames e pneus); - aplicação de óleo, querosene ou inseticidas nos criadouros; - uso de iscas e aparelhos especiais; - utilização de meios de proteção individual; - melhoria das moradias e das instalações sanitárias; - manutenção da limpeza e da ordem nas moradias e arredores; - coleta e disposição adequada dos esgotos sanitários; - acondicionamento seguro, coleta e disposição adequada do lixo.
Moscas	- melhoria das moradias e das instalações sanitárias; - manutenção da limpeza e da ordem nas moradias e arredores; - proteção dos alimentos; - higiene do vaso sanitário; - coleta e disposição adequada dos esgotos sanitários; - acondicionamento seguro, coleta e disposição adequada do lixo.
Baratas	- proteção dos alimentos - melhoria das moradias e das instalações sanitárias - manutenção da limpeza e da ordem nas moradias e arredores - coleta e disposição adequada dos esgotos sanitários - acondicionamento seguro, coleta e disposição adequada do lixo.
Ratos	- proteção dos alimentos nas moradias e em locais coletivos de alimentação; - armazenamento adequado dos cereais; - proteção elou eliminação de frestas nas moradias e nos armazéns; - proteção de tubulações e cabos elétricos; - manutenção da limpeza e da ordem nas moradias e arredores; - eliminação de empoçamento de água, através de drenagem apropriada, e de goteiras; - coleta e disposição adequada dos esgotos sanitários, garantindo a vedação dos acessos dos ratos - acondicionamento seguro, coleta e disposição adequada do lixo.

13 – Controle da Poluição dos Recursos Hídricos

O controle da poluição dos recursos hídricos pode ser exercido por órgãos federais, estaduais e municipais, dependendo das características e da situação do recurso hídrico.

Assim sendo, a integração dos recursos hídricos com a gestão ambiental se coloca evidente e necessária para a manutenção de nossos corpos d'água. Por isso, a resolução CONAMA[18] 020/86 fixou alguns padrões de lançamentos para efluentes de qualquer fonte poluidora lançados direta ou indiretamente no corpo d'água. Seguem-se os principais:

- temperatura inferior a 40°C, sendo que a elevação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C;
- regime de lançamento com vazão[19] máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor;
- pH[20] entre 5 e 7;
- ausência de materiais flutuantes;
- algumas substâncias com seus valores máximos admissíveis:
  - ✓ Cádmio: 0,2 mg/l Cd
  - ✓ Chumbo: 0,5 mg/l Pb
  - ✓ Cobre: 1,0 mg/l Cu
  - ✓ Cromo hexavalente: 0,5 mg/l Cr

[18] CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA.É composto de Plenário e Câmaras Técnicas. Sendo presidido pelo Ministro do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. A Secretaria Executiva do CONAMA é exercida pelo Secretário de Formulação de Políticas e Normas Ambientais do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal.

[19] Porção de líquido fornecida por uma corrente fluida na unidade de tempo (m^3/s).

[20] Potencial Hidrogeniônico é a representação da concentração de íons hidrogênio H^+, dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade e alcalinidade da água. Varia de 1 a 14, sendo que: pH < 7 – condições ácidas; pH = 7 – neutralidade; pH > 7 – condições de alcalinidade (básicas).

- ✓ Cromo trivalente: 2,0 mg/l Cr
- ✓ Fenóis: 0,5 mg/l C_6H_5OH
- ✓ Ferro solúvel: 15,0 mg /l Fe
- ✓ Fluoretos: 10,0 mg/l F
- ✓ Mercúrio: 0,01 mg/l Hg
- ✓ Sulfetos: 1,0 mg/l S
- ✓ Sulfitos: 1,0 mg/l SO_3
- ✓ Compostos organoclorados: 0,05 mg/l

- ❑ tratamento especial de resíduos de serviços de saúde nos quais haja contaminação por microorganismos patogênicos.

- **Medidas de Controle**

Segundo Mota (1995), “um programa de controle de poluição de recursos hídricos pode desenvolver-se através da aplicação de dois tipos de medidas: de caráter corretivo e de caráter preventivo”.

As medidas de caráter corretivo têm por objetivo a correção de problemas já existentes, buscando-se assim, a melhoria da qualidade dos corpos d’água. São medidas corretivas:

- implantação de estações de tratamento de esgotos domésticos e industriais, visando a diminuição da carga de poluentes lançada no recurso hídrico;
- medidas aplicadas aos mananciais de abastecimento público, tais como: eliminação de microorganismos patogênicos através da desinfecção da água; combate a insetos, moluscos e crustáceos; remoção de algas através de algicidas, entre outros.
- implantação de estações de tratamento de água para garantir a qualidade da mesma para consumo humano, industrial, entre outros.

Já as medidas de caráter preventivo são aquelas que evitam ou minimizam o lançamento de poluentes nos cursos d’água. Quais sejam:

- planejamento do uso e ocupação do solo;
- utilização racional do solo e da água;
- implantação de sistemas de tratamento e coleta de esgotos sanitários;
- controle da erosão, do escoamento superficial da água e da vegetação;
- controle da qualidade da água em reservatórios e represas;
- estudo e avaliação de impactos ambientais;
- programas de educação ambiental;
- programas de educação sanitária.

14 – A água e a Agenda 21

A Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) – RIO-92, realizou-se no Rio de Janeiro em junho de 1992. Através da Conferência, 179 países discutiram compromissos consensuais em relação ao meio ambiente e ao desenvolvimento mais sustentável para o mundo vislumbrando o século XXI.

Dessas discussões, surgiu um documento histórico que representou um acordo internacional quanto as ações que objetivam a melhoria da qualidade de vida de todas as pessoas do planeta. Esse documento foi chamado de **Agenda 21**.

Em relação aos recursos hídricos mundiais, a **Agenda 21**, em seu capítulo 18, propõe o gerenciamento da água potável através de novas tecnologias (“produção limpa”), mas resgatando os conhecimentos passados, visando o melhor aproveitamento desse recurso tão precioso para a vida. São propostas de programas da **Agenda 21**, em seu artigo 18.5, para o setor de água doce:

- desenvolvimento e manejo integrado dos recursos hídricos;
- avaliação dos recursos hídricos;
- proteção dos recursos hídricos, da qualidade da água e dos ecossistemas aquáticos;
- abastecimento de água potável e saneamento;
- água e desenvolvimento urbano sustentável;
- água para a produção sustentável de alimentos e desenvolvimento rural sustentável;
- impactos da mudança de clima sobre os recursos hídricos.

Assim, cabe aqui definir o que é desenvolvimento sustentável:

> *“Desenvolvimento sustentável é um modelo de desenvolvimento capaz de harmonizar e integrar o desenvolvimento econômico, social, ambiental e tecnológico visando o bem-estar das comunidades e o equilíbrio dos ecossistemas presentes nesse planeta”.*

Analisando-se o conceito, observa-se que a gestão das águas se apresenta complexa, visto que a água é ambiente de sobrevivência de diversas espécies, incluindo o homem. Assim sendo, torna-se imprescindível ao homem o conhecimento do ecossistema aquático e seus “habitantes” para se alcançar o desenvolvimento sustentável.

Dessa maneira, a **Agenda 21** explicita os objetivos a serem alcançados no século XXI em relação aos recursos hídricos:

- satisfazer as necessidades hídricas de todos os cidadãos para o desenvolvimento sustentável do planeta;
- proteção dos recursos hídricos considerando-se o funcionamento do ecossistemas aquáticos e a perenidade do recurso para satisfazer e conciliar seus usos nas atividades humanas;
- o manejo integrado dos recursos hídricos, inclusive a integração de aspectos relacionados à terra e à água, deve ser feito ao nível de bacia e sub-bacia de captação;
- assegurar a avaliação e previsão da quantidade dos recursos hídricos;
- avaliar as conseqüências da ação dos vários usuários sobre o meio ambiente, apoiar medidas destinadas a controlar as moléstias relacionadas com a água e proteger os ecossistemas;
    - ✓ A proteção dos lençóis subterrâneos é um elemento essencial do manejo dos recursos hídricos.
- apoiar as possibilidades e esforços dos governos centrais e locais para sustentar a produtividade e o desenvolvimento nacional por meio de um manejo ambientalmente saudável aos recursos hídricos para uso urbano;

- ✓ Água a preço exeqüível e reversão das tendências atuais de degradação e esgotamento dos recursos hídricos.
- para um manejo holístico, integrado e ambientalmente saudável para os recursos hídricos deve-se considerar:
  - ✓ a água como um recurso finito que tem valor econômico com implicações sociais e econômicas significativas, refletindo a importância de satisfazer as necessidades básicas;
  - ✓ a participação da população em todas as fases do manejo da água e o papel da mulher tendo em vista a importância que desempenha no abastecimento, manejo e uso da água em suas atividades diárias;
  - ✓ a necessidade de reconhecer e apoiar ativamente o papel das populações rurais, com particular ênfase na mulher.
- compreender e quantificar a ameaça do impacto da mudança do clima sobre os recursos hídricos;
- estudar os impactos possíveis da mudança de clima sobre áreas propensas a secas e inundações.

Como já visto anteriormente, observa-se no Brasil problemas intimamente ligados a esses objetivos de ação contemplados na **Agenda 21**. Cabem, assim, alguns comentários:

- doenças como a dengue e esquistossomose assolam o país;
- milhares de crianças na faixa de 0 a 5 anos no Brasil morrem por diarréia;
- os rios urbanos no Brasil apresentam-se, na grande maioria, como grandes esgotos a céu aberto;
- os maiores poluidores das águas no Brasil são as cidades;
- segundo dados da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – FIBGE em 1991, 47.066.949 pessoas eram atendidas por esgotamento sanitário (31% da população total e 40% da população urbana) e 8% dos municípios possuíam algum tipo de tratamento de seus esgotos;
- o perfil do atendimento por abastecimento de água no mesmo período se caracterizava por sistemas com intermitência de serviço, problemas de qualidade na água, ausência de controle intradomiciliar e exclusão de segmentos populacionais.

É de extrema importância salientar que a **EDUCAÇÃO AMBIENTAL** destaca-se como ação prioritária e presente, virtualmente, em todos os capítulos da **Agenda 21**.

15 – O uso sustentável da água

A água como recurso finito e de valor econômico deve ser preservada e valorizada. A simples idéia de ficarmos sem ela nos remete a lembrança de conflitos por questões de água, citando-se o Oriente Médio. A água será, no século XXI, geradora de conflitos mundiais devido à sua escassez por falta ou mau uso.

Dessa forma, cabe a todos nós cuidarmos e nos preocuparmos com os recursos hídricos de nossa região, nos inteirando sobre como eles são geridos,

quais são os principais problemas, o que está sendo feito para mitigá-los, ações para preservá-los, enfim sermos *cidadãos*.

Ao Poder Público compete a resolução dos problemas e o manejo sustentável das águas em nosso meio. Contudo não podemos ficar alheios a essas questões, pois é nosso papel como cidadãos: acompanhar, fiscalizar, cobrar e apresentar soluções a todos os problemas que nos afligem, não apenas os dos recursos hídricos.

Vários problemas se mostram evidentes em nossa sociedade: marginalização, favelização, pobreza, falta de moradias, falta de terra, entre outros. Fica evidente que se esperarmos que o poder público faça tudo por nós, estaremos ao relento a espera da providência divina. Cabe a nós escolhermos corretamente àqueles que vão tomar a decisão por nós e cobrarmos deles as providências cabíveis para a solução de nossos problemas.

Por isso, façamos a nossa parte:

Nós, consumidores, devemos fazer a nossa parte para preservar a água das impurezas, evitando também os desperdícios. Para isso, bastam algumas precauções, tais como:

- ✓ a caixa d'água deve estar sempre vedada e limpa, evitando a entrada de sujeira e de pequenos animais;
- ✓ se a caixa for subterrânea, ela deve estar protegida contra enxurradas e infiltrações;
- ✓ as instalações hidráulicas e os encanamentos internos devem ser verificados periodicamente.

<u>Dicas</u>

Vazamentos e Desperdícios

"Uma torneira com um filete de 1 mm desperdiça, em média, 2.088 litros por dia ou 62.640 litros por mês".

- ❖ Dicas para reduzir seu gasto de água
  - ✓ Torneiras
    - ao lavar as mãos, feche a torneira na hora de ensaboá-las;
    - para escovar os dentes ou fazer a barba, faça o mesmo. Só volte a abrir a torneira na hora de enxaguar;
    - tenha o mesmo costume na hora de lavar roupa e louças: mantenha a torneira fechada na hora de ensaboar.
  - ✓ Vasos Sanitários
    - os vasos sanitários podem consumir até 40% da água de uso doméstico. Racionalize o uso da descarga;
    - regule periodicamente a válvula de descarga;
    - nunca jogue papel, pontas de cigarros ou lixo dentro do vaso, pois podem causar entupimentos.
  - ✓ Hidrômetros
    - controle seu consumo de água através dos números registrados no hidrômetro. É simples fazer a leitura.
  - ✓ Chuveiros

- os banhos demorados consomem 37% da água de uso doméstico. Para você ter uma idéia, cinco minutos com o chuveiro aberto consomem 60 litros de água;
- diminua o fluxo do chuveiro e, quando estiver se ensaboando, faça-o com o chuveiro fechado.

✓ Bóias de Água

- observe sempre o funcionamento da bóia da sua caixa d'água. Bóia com defeito é água perdida pelo extravasor (ladrão).

✓ Mangueiras

- se for indispensável o uso da mangueira, utilize sempre um esguicho (tipo bico). Assim, quando você não a estiver utilizando, o fluxo de água é interrompido;
- evitar lavar as calçadas, garagens e carros várias vezes por semana, assim como irrigar os jardins;
- não use o jato da água para varrer o chão. Use a vassoura;
- na hora de lavar o automóvel, troque a mangueira pelo balde de água.

Verificando Vazamentos

✓ Teste Número 1

Na tubulação que leva água até a caixa d'água:

1. Deixe o registro do padrão aberto;
2. Feche bem todas as torneiras e não use os sanitários;
3. Vede todas as bóias das caixa d'água;
4. Faça a leitura do hidrômetro. Após uma hora, através de uma nova leitura, verifique se houve alterações nos dados registrados. Se o seu hidrômetro for do tipo B, verifique se a bolinha preta está girando. Em caso afirmativo, há vazamento no ramal alimentado diretamente pela rede.

✓ Teste Número 2

Na válvula ou na caixa de descarga:

1. Jogue cinza de cigarro no vaso sanitário. Se a cinza ficar depositada no fundo do vaso, não há vazamento. Caso contrário, há vazamento na válvula ou na caixa de descarga;
2. Você pode também esvaziar todo o vaso sanitário e secá-lo. Se ele tornar a encher sem que se dê descarga, há vazamento.

✓ Teste Número 3

Na instalação alimentada pela caixa:

1. Vede bem a bóia;
2. Feche as torneiras e não use os sanitários;
3. Marque o nível da água na caixa;
4. Depois de uma hora, confira o nível da água;
5. Se o nível baixar, existe vazamento na tubulação, nos sanitários ou na própria caixa.

Atenção: O extravasor deve estar posicionado acima do nível da bóia.

✓ Teste Número 4

Em reservatórios de edifícios:

1. Feche o registro do hidrômetro ou encha a caixa d'água até o nível da bóia;
2. Feche os registros de limpeza e de saída de água;
3. Marque o nível da água no reservatório;
4. Se depois de duas horas o nível baixar, há vazamento;
5. Nesse caso, verifique se o registro de limpeza não tem defeitos ou se existe trinca no reservatório.

Lembre-se: Água, dinheiro e trabalho não são coisas que se desperdicem. Se qualquer um dos testes indicar a presença de vazamentos, confie o conserto a um profissional competente.

Caixa d’água

As conseqüências causadas pela falta de limpeza nas caixas estão intimamente ligadas às condições de reservação. Caixas em más condições podem criar um meio propício ao desenvolvimento de microorganismos não encontrados na água tratada. Para resguardar a qualidade da água, recomenda-se a limpeza e a desinfecção semestrais da caixa d'água.

Caixa de Esgoto

Cuidados com a rede de esgoto da sua casa:

1. No banheiro: aqui você também precisa ter muito cuidado. Toco de cigarro, absorvente, papel, grampo, camisinha e outros objetos devem sempre ser jogados no lixo e não no vaso sanitário. Com isso, você estará colaborando para o bom funcionamento da rede de esgoto da sua casa e evitando os transtornos causados pelo seu entupimento.

2. Na cozinha: jogue cascas de frutas e legumes, restos de verduras e sobras de comida no lixo, e não na pia. Fazendo isso, você estará evitando entupimentos na rede de esgoto da sua casa.

3. Na caixa de gordura: ela também exige cuidado especial. Verifique, mensalmente, o estado da caixa de gordura. Sempre que houver uma camada de gordura boiando, ela deve ser retirada, colocada em um saco plástico e em seguida jogada no lixo. Agindo assim, você evitará entupimentos, transbordamentos, mau cheiro e outros aborrecimentos.

✓ Algumas dicas importantes:

No tanque, você também deve ter alguns cuidados. Use sempre o ralinho ou a grade de proteção para que pequenas peças de roupa não entrem pelo esgotamento do tanque, provocando entupimento na rede de esgoto.

A tubulação para o escoamento da água de chuva jamais deve ser ligada à rede de esgoto. O aumento do volume de água escoando dentro da rede de esgoto arrebenta o encanamento e pode provocar refluxo do esgoto para dentro da sua casa. O destino da água de chuva é a rede pluvial construída pela Prefeitura.

Quanto de Água você usa?

Uso	Quantidade
Banho de Chuveiro - simples	80 a 100 litros
Ducha de 3 minutos	50 a 80 litros
Descarga de vaso sanitário	09 a 14 litros
Barbear	10 a 50 litros
Máquina de lavar roupa	100 a 130 litros/vez
Torneira apenas gotejando	46 litros por dia
Torneira fluindo em forma de filete	180 a 750 litros por dia
Torneira correndo a baixa pressão	8.500 a 12.000 litros por dia
Torneira jorrando em forma de jato	25.000 a 45.000 litros por dia
Média diária por pessoa	200 litros por dia

Fonte: UEMG (1999): consultado em publicação da Organização Mundial da Saúde (OMS)

Assim sendo, podemos fazer a nossa parte economizando água, sensibilizando as pessoas em relação aos problemas relacionados aos recursos hídricos (poluição), educando-as sanitária e ambientalmente, agindo sobre os governantes e descobrindo a cada dia que podemos ser pessoas melhores e mais conscientes.

Vamos fazer que a água - desafio do amanhã seja água – a construção de um amanhã melhor.

“Eu quis prever o futuro, consertar o passado calculando os riscos bem devagar ponderado, perfeitamente equilibrado.....” (Herbert Vianna / Theddy Correa)

“A Terra não pertence ao homem, o homem pertence à Terra.”
(Inna O. Bunning)

“Amar e ser amado... sonhar e ser concretizado... agir e sonhar acordado... talvez seja utopia, talvez seja abençoado.. diga sim, bem informado... à construção de um mundo melhor cuidado... diga sim a Deus... que quer todos os seres amados.”

16 – Bibliografia

1. ABES. "Curso sobre Resíduos sólidos urbanos” - ABES, PR, 1990.
2. ABNT. "NBR 10004 - Resíduos sólidos – Classificação” - ABNT, RJ, 1987, 63 pp.
3. ABNT. "NBR 8849 - Apresentação de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos Procedimento" - ABNT, RJ, 1985, 9 pp.
4. ABNT. "NBR 8419 - Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos – Procedimento” - ABNT, RJ, 1984,13 pp.
5. Branco, Samuel Murgel. Ecologia para 2º grau. São Paulo, CETESB, 1978.
6. Branco, Samuel Murgel. Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária. 3ª edição. São Paulo, CETESB, 1986.
7. Barros, Raphael T. de V. et alli. Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios. Volume 2 – Saneamento. Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221p.
8. Braga, Benedito et al. Introdução à Engenharia Ambiental. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
9. Campos et al. Conceitos gerais sobre Técnicas de Tratamento das Águas de Abastecimento, Esgotos Sanitários e Desinfecção. São Carlos, DHS/EESC/USP, 2001.
10. Câmara dos Deputados. Constituição Federal da República Federativa do Brasil. Brasília, 1988.
11. Cançado, Cláudio Jorge. Desenvolvimento e Meio Ambiente: uma avaliação de cargas poluidoras orgânicas em Bacias Hidrográficas - Estudo de caso: Bacia do rio Mogi-Guaçu. São Carlos: UFSCar, 1999. (Dissertação de mestrado).
12. DESA. Apostila sobre Resíduos sólidos. Cadernos DESA/UFMG, 1996.
13. Dezotti, Márcia, Russo, Carlos. Apostilas do curso “Técnicas de controle ambiental de efluentes líquidos” da Escola Piloto de Engenharia Química do Programa de Engenharia Química da COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 1998.
14. Fonseca, Edmilson. Iniciação ao Estudo dos Resíduos Sólidos e da Limpeza Urbana. ABES: 1999.
15. Freitas, Marcos Aurélio Vasconcelos et al. O Estado das Águas no Brasil. Brasília: ANEEL, SIH; MMA, SRH; MME, 1999.
16. Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento. 3ª ed. Brasília: Fundação Nacional da Saúde, 1999. 374p.
17. Granziera, Maria Luiza Machado. Direito das Águas: disciplina jurídica das águas doces. São Paulo: Atlas, 2001.
18. Guerra, Antônio José Teixeira, Cunha, Sandra Baptista da. (org.) Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
19. IPT. Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado. 1ª ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: CEMPRE, 1995.
20. Lora, Electo Silva. Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte. Brasília: ANEEL, 2000.
21. Mota, Suetônio. Preservação e Conservação de Recursos Hídricos. 2ª ed. – Rio de Janeiro: ABES, 1995.

22. Mota, Suetônio. Urbanização e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 352p.
23. OMS/UNICEF. Informe sobre la evaluación mundial del abastecimiento en 2000. EUA:OMS/UNICEF, 2000.
24. RIO-92. Agenda 21. Rio de janeiro, 1992. 375 p. www.ambiente.sp.gov.br – consultado em 12/11/1999.
25. Revista FAPESP nº 54. Matéria: Perigo à beira d'água. São Paulo, FAPESP, junho de 2000.
26. São Paulo – Secretaria do Meio Ambiente. (1999). Inventário de Resíduos Sólidos Domiciliares 1999. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, CD-ROM.
27. Sato, Michele; Santos, José Eduardo. Agenda 21: em sinopse. – São Carlos: EdUFSCar, 1999. 60p.
28. Setti, Arnaldo Augusto et al. Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional das Águas, 2001. 328p.
29. Tucci, C. E. M. (org.) Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH: EDUSP, 1993.
30. UEMG. Cartilha da Economia. Curso "Meio Ambiente: Educação e Gestão". Universidade Estadual de Minas Gerais, 1999.
31. Von Sperling, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1995.
32. www.abrh.org.br - Legislação Federal sobre Recursos Hídricos. Consultado em 15/05/2002.
33. www.copasa.com.br – Figuras e Dicas para controlar o consumo de água. Consultado em 15/02/2000.
34. www.funasa.gov.br – Portaria nº 1.469 de 29/12/2000. Consultada em 15/05/2002.
35. www.ibge.gov.br – Dados do Saneamento Brasileiro. Consultado em 18/11/1999.
36. www.mma.gov.br – Resoluções CONAMA. Consultado em 15/11/1999.
37. www.recursoshidricos.sp.gov.br – Leis Federais sobre Recursos hídricos e meio ambiente. Consultado em 15/11/1999.